



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**PROBLEMATIKA HODNOCENÍ PRODUKCE
ŠKODLIVIN VE VÝFUKOVÝCH PLYNECH OSOBNÍCH
VOZIDEL**

ISSUES OF LEGISLATIVE TESTS IN THE ASSESSMENT OF EXHAUST POLLUTANTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Weidenhöfer

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Beran

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Jan Weidenhöfer**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Martin Beran**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Problematika hodnocení produkce škodlivin ve výfukových plynech osobních vozidel

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce bude zaměřena na rozbor metodiky legislativních testů měření produkce škodlivin ve výfukových plynech vzhledem k možnostem záměrného ovlivnění naměřených výsledků (viz kauza dieselgate). Stěžejním tématem je rozbor a zhodnocení nově zavedených legislativních emisních testů RDE.

Cíle bakalářské práce:

Současný přehled používaných způsobů snižování produkce škodlivin ve výfukových plynech moderních automobilů.

Stručný přehled legislativních požadavků na soudobé automobily.

Metodika měření škodlivin ve výfukových plynech prostřednictvím NEDC.

Zhodnocení měření pomocí NEDC jízdního cyklu vzhledem k možnostem záměrného ovlivnění výsledků.

Nové způsoby vyhodocování produkce škodlivin vzhledem k legislativním požadavkům.

Problematika RDE.

Seznam doporučené literatury:

Exhaust Systems for Motor Vehicles : Catalytic Converters for Otto Cycle Engines. Landsberg/Lech : Verlag Moderne Industrie, 2001. 70 s.

STONE, Richard. Introduction to Internal Combustion Engines. 3rd edition. Hampshire: Palgrave, 1999. ISBN 0-333-74013-01999.

HECK, R. and FARRATO, R.: Catalytic air pollution control: Commercial Technology. 2nd edition. New York, 2002. 391 p. ISBN 0-471-43624-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá problematikou emisí u osobních automobilů se zaměřením na legislativní testy v zemích Evropské unie. Úvodem je čtenář stručně informován o historickém kontextu a současných legislativních požadavcích na moderní osobní vozy v Evropě i dalších částech světa. Následující část je věnována jízdnímu testu NEDC se zvláštním důrazem na popis a zhodnocení metod, kterými výrobci dokázali uměle snižovat emise svých automobilů. Stěžejní částí práce jsou kapitoly věnované nově zaváděnému měření pomocí globální metodiky WLTP a zejména měření v reálném provozu RDE. Důležitou součástí těchto kapitol je rozbor výhod a nevýhod nových metodik a problematiky jejich zavádění do praxe.

KLÍČOVÁ SLOVA

Emise, emisní test, emisní norma, automobil, homologace, NEDC, WLTP, měření v reálném provozu, RDE

ABSTRACT

This work deals with issues of emissions in passenger cars with a focus on legislative tests in the European Union. At first, the reader is briefly informed about the historical context and current legislative requirements for modern passenger cars in Europe and other parts of the world. The following section is devoted to the NEDC driving test, with special emphasis on describing and evaluating the methods by which manufacturers have been able to artificially reduce their car emissions. The main part of the thesis are chapters devoted to newly introduced measurement using global WLTP methodology and especially measurements in real operation RDE. An important part of these chapters is the analysis of advantages and disadvantages of new methodologies and the problems of their implementation.

KEYWORDS

Emissions, emission tests, automobile, emission standard, homologation, NEDC, WLTP, measurements in real operation, RDE

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

WEIDENHÖFER, J. *Problematika hodnocení produkce škodlivin ve výfukových plynech osobních vozidel*. Brno, 2019. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 49 s. Vedoucí bakalářské práce Martin Beran.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Martina Berana a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. května 2019

.....

Jan Weidenhöfer

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Martinu Beranovi za ochotu a nesčetné odborné rady a připomínky, kterými přispěl k vypracování této závěrečné práce. Poděkování patří především mé přítelkyni, která při mně po celou dobu stála a také rodině za jejich podporu a trpělivost během celého studia.

OBSAH

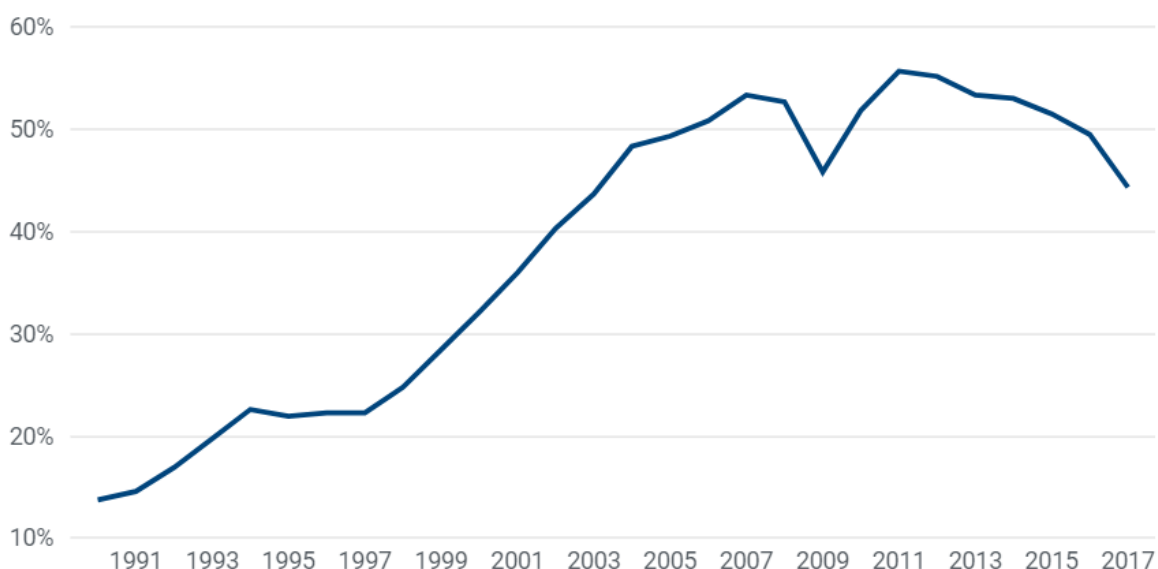
Úvod	9
1 Historický pohled na problematiku emisí vozidel	10
1.1 Legislativní požadavky na emise osobních vozidel v Evropské unii	11
1.2 Legislativní požadavky na emise osobních vozidel v USA	13
1.3 Legislativní požadavky na emise osobních vozidel v dalších částech světa	15
2 Měření emisí s využitím metodiky NEDC	16
2.1 Průběh homologační emisní zkoušky	16
2.2 Problematika využití NEDC jako etalonu měření	20
2.3 Možnosti ovlivňování výsledků testů podle metodiky NEDC	20
3 Měření emisí s využitím metodiky WLTP	26
3.1 Jízdní testy dle metodiky WLTP	26
3.2 WLTC versus NEDC	29
4 Měření emisí v reálném provozu – RDE	32
4.1 Faktory konformity	32
4.2 Měřicí zařízení PEMS	34
4.3 Průběh testu podle RDE	35
4.4 Kontroverze měření v reálném provozu	36
Závěr	41
Seznam použitých zkratk a symbolů	48

ÚVOD

Emise. Ještě v polovině minulého století šlo o slovo, které si s dopravou a automobily nespojoval prakticky nikdo. V poslední dekádě pak jde patrně o nejskloňovanější termín v souvislosti s automobilovým průmyslem, a to nejen kvůli neutuchající snaze o vyvinutí technologií pro jejich snižování, ale také kvůli kauze záměrného ovlivňování výsledků homologačních emisních testů, jež se souhrnně nazývá Dieseldate. O této kauze se již dlouhé roky předtím mluvilo v motoristických kuloárech a pro zasvěcené odborníky tak nebyla nikterak velkým překvapením, o to razantněji však zasáhla laickou veřejnost a celospolečenské dění v USA i v Evropě.

Výrobci v reakci na aktuálně zaváděné nové legislativní normy a přísnější metodiky měření vyvíjejí a postupně v praxi uplatňují nové způsoby snižování množství vypouštěných škodlivin spalovacích motorů, které jsou však finančně náročné – a za tyto moderní technologie si samozřejmě musí koncový zákazník náležitě připlatit. V důsledku toho dochází v posledních letech ke znatelnému omezování nabídky motorů i celých modelových řad, jelikož pro vozy z okrajových segmentů trhu neexistuje ekonomické opodstatnění k implementaci náročných moderních technologií (typicky se jedná například o malé vozy s naftovými motory, kabriolety či sportovní verze standardních modelů). Zároveň s tím je v mnoha evropských městech omezován vjezd vozidel, přičemž tato nařízení se dotýkají především vznětových motorů. Zájem o takové vozy proto vytrvale klesá.

Pro ilustraci změny preferencí evropských zákazníků uvádím závěrem této kapitoly graf podílu naftových motorů na celkových prodejkách nových vozů v západní Evropě mezi lety 1990 a 2017 (pozn.: prudký pokles prodejků mezi lety 2007 a 2009 je způsoben tehdejší ekonomickou krizí).



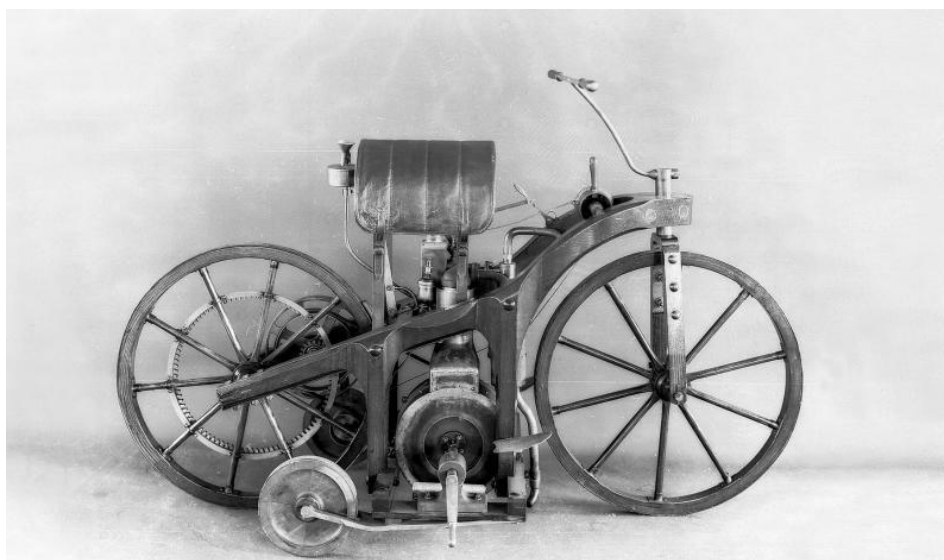
Obrázek 1: Procentuální podíl naftových motorů na prodejkách vozidel v západní Evropě [1]

1 HISTORICKÝ POHLED NA PROBLEMATIKU EMISÍ VOZIDEL

Od sestrojení prvního automobilu (z dnešního pohledu šlo spíše o motocykl) Gottliebem Daimlerem v roce 1885 až do 50. let 20. století směřovaly snahy výrobců při zdokonalování svých vozidel zejména na překonávání rychlostních rekordů, uvádění vozidel s převratným designem nebo přidávání prvků komfortní výbavy. Dá se říci, že nebyli svazováni prakticky žádnými legislativními normami, a to nejen v řešené oblasti vypouštěných emisí, ale třeba i z hlediska bezpečnosti posádky.

Právě v průběhu 50. let se v USA začaly objevovat první výzkumy o škodlivosti zplodin z dopravy. V té době došli kalifornští vědci k závěru, že za dlouhodobě špatnou smogovou situaci v ulicích Los Angeles mohou právě výfukové plyny. Roku 1967 tak byla v Kalifornii založena první agentura (California Air Resources Board – CARB), jejímž úkolem bylo monitorovat a regulovat exhalace automobilů. Rok 1970 pak přinesl založení podobné agentury, tentokrát již na federální úrovni – US Environmental Protection Agency (EPA), která je za oblast zplodin v USA zodpovědná dodnes. [2] [3]

V témže roce se emisemi z dopravy začínají poprvé vážněji zabývat také orgány tehdejšího EHS (předchůdce dnešní Evropské unie), když vstoupila v platnost směrnice 70/220/EEC, jež zavedla homologační emisní testy pomocí laboratorní jízdní zkoušky (nejprve pouze v městském provozu). Od poloviny 70. let 20. století dochází k regulacím škodlivin ve výfukových plynech osobních automobilů i ve zbylých částech světa. [4]



Obrázek 2: Daimlerův automobil z roku 1885 [5]

Není v možnostech této práce popsat vývoj měření škodlivin a přesné legislativní požadavky ve všech částech planety. Na několika příštích stranách se však alespoň pokusím stručně přiblížit vývoj celé problematiky a aktuální situaci v Evropě a USA a krátce shrnout také situaci v globálním měřítku.

1.1 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA EMISE OSOBNÍCH VOZIDEL V EVROPSKÉ UNII

Jak je uvedeno výše, prvním regulačním opatřením pro snižování emisí osobních vozidel na území Evropské unie je předpis 70/220/EEC z roku 1970. Tato směrnice stanovovala emise na základě tzv. městského jízdního cyklu ECE 15, přičemž jejich maximální hodnoty od roku 1971 upravovala norma EHK 15. Takto probíhalo měření až do roku 1992, kdy v platnost vstoupila první z dnes dobře známých norem Euro (oficiálně EHK 83). Tyto normy od té doby určují limitní hodnoty škodlivin pro homologační test emisí (tehdejší NEDC, dnes WLTC a RDE; více informací v následujících kapitolách). [4] [6]

1.1.1 EVROPSKÉ NORMY EURO

EURO 1

Konkrétně se jednalo o normu Euro 1 a primárním důvodem pro její zavedení byla potřeba razantního snížení emisí oxidů dusíku (NO_x), uhlíku (CO), uhlovodíků (HC) a pevných částic (PM) u tehdy prodávaných aut.

Základním poznávacím znakem vozidel splňujících alespoň normu Euro 1 se stal řízený emisní systém, tedy dnes již klasický třicestný katalyzátor se snímačem množství kyslíku ve výfukových plynech (tzv. lambda sondou). Toto zařízení je ve svých útrobách za pomoci vzácných prvků (např. platiny, wolframu) schopno skrze chemické reakce přeměňovat jedovaté oxidy dusíku a neméně škodlivý oxid uhelnatý na dusík, vodu a oxid uhličitý. [6]

Mimo výše zmíněných emisí CO, NO_x a HC se s touto normou začaly u vznětových motorů sledovat také vypouštěné pevné částice. Jinak však byly limity emisí pro zážehové a vznětové motory totožné, množství HC a NO_x bylo navíc vyhodnocováno dohromady. [4]

EURO 2

S příchodem Euro 2 v lednu roku 1996 došlo k rozdělení limitů pro zážehové a vznětové motory. Ačkoliv se limity oproti předchozí normě dále zpřísnily, benzinová i naftová vozidla si i nadále vystačila pouze s běžným katalyzátorem. [4]

EURO 3

Další zpřísnění pro nově homologovaná vozidla přišlo v roce 2000. Novinkou je od tohoto roku samostatné měření oxidů dusíku u vznětových agregátů a oddělené měření množství uhlovodíků a oxidů dusíku u benzinových motorů. Některé naftové motory (například HDi od výrobce PSA) jsou od této chvíle vybaveny filtrem pevných částic (DPF/FAP). [4]

Filtr během provozu vozidla zjednodušeně řečeno zachytává pevné částice do sítka z oxidu křemičitého, čímž dokáže snižovat počet vypouštěných škodlivin až o 95 %. Postupem času se však sítko zanáší. Je tedy nutná pravidelná regenerace filtru, která je zajištěna spalováním těchto částic uvnitř zařízení například při rychlejší dálniční jízdě. Další informace k problematice DPF v jsou obsaženy v kapitole 4.4.3. [6]

EURO 4

Od ledna 2005 byl v platnosti nový soubor limitů škodlivin pod označením Euro 4. Jeho úkolem bylo zejména další omezení množství zdraví škodlivých oxidů dusíku a pevných částic ve výfukových plynech vozidel se vznětovými motory. Masivního rozšíření se tak dočkal v předcházejícím oddíle zmiňovaný filtr pevných částic, bez nějž již drtivá většina

naftových vozů nebyla schopna přísně nastavenou laťku překonat. Je však nutno podotknout, že některé varianty modelů (například s automatickou převodovkou) byly stále schopné homologací úspěšně projít i bez něj. [4]

Současně se zavedením normy Euro 4 byl do vznětových pohonných jednotek postupně implementován také systém recirkulace výfukových plynů EGR, jehož primárním úkolem je snižování emisí NO_x. [6]

EURO 5

Následující zpřísnění dostalo název Euro 5. V platnost vstoupilo na konci roku 2009 a oproti předchozí už tak přísné normě došlo k dalšímu razantnímu snížení mezních hodnot vypouštěných škodlivin. Důraz byl přitom kladen opět zejména na oxidy dusíku a pevné částice. Druhé jmenované se nově začaly měřit i u benzinových agregátů. Dokončen byl také proces zavádění DPF do vozidel s naftovými motory – od zavedení Euro 5 již homologačním testem skutečně neprojde automobil, který by jím nebyl vybaven. [4]

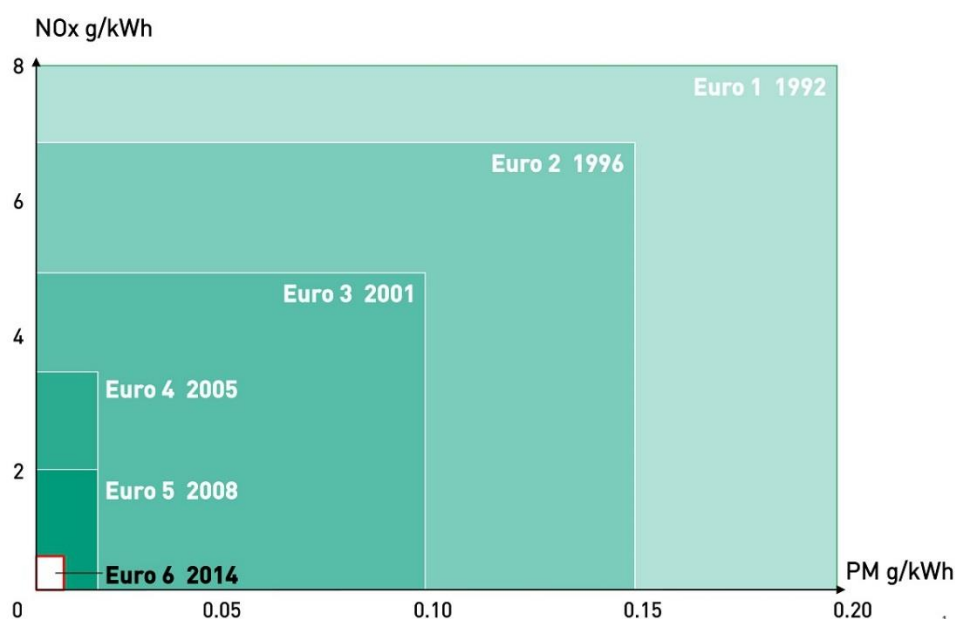
EURO 6

Na počátku roku 2014 byla uvedena zatím poslední aktualizace v podobě normy Euro 6 (v současné době v platnosti). Nejdrastičtějším snížením oproti předchozí normě prošly limity NO_x naftových motorů, které byly oproti normě Euro 5 sníženy až o dvě třetiny. Ke splnění takto přísných požadavků byly automobilky přinuceny do svých vozidel se vznětovými motory nainstalovat speciální systémy k odbourávání škodlivých oxidů dusíku – nejčastěji ve formě tzv. SCR katalyzátorů (o nich je možné dozvědět se více v kapitole 4.1). [4]

Současně se však ukázalo, že automobilky nebyly na tak rozsáhlé snižování emisí u svých vozidel připraveny a pokoušely se homologační testy překonávat nejrůznějšími triky, o nichž dále pojednává kapitola 2.3 této práce. Obrázek 3 přibližuje postupné zpřísnování limitů Euro pro osobní vozy na příkladu emisí NO_x a PM.

Tabulka 1: Limity emisí pro vozidla do 3,5t [6]

předpis	platnost	CO	HC	HC + NO _x	NO _x	PM
Diesel		g·km⁻¹				
Euro 1	1992	2,72	–	0,97	–	0,14
Euro 2–IDI	1996	1	–	0,7	–	0,08
Euro 2–DI	1999	1	–	0,9	–	0,1
Euro 3	2000.01	0,64	–	0,56	0,5	0,05
Euro 4	2005.01	0,5	–	0,3	0,25	0,025
Euro 5	2009.09	0,5	–	0,23	0,18	0,005
Euro 6	2014.09	0,5	–	0,17	0,08	0,005
Petrol (Gasoline)		g·km⁻¹				
Euro 1	1992.07	2,72 (3,16)	–	0,97 (1,13)	–	–
Euro 2	1996.01	2,2	–	0,5	–	–
Euro 3	2000.01	1,2	0,2	–	0,15	–
Euro 4	2005.01	1	0,1	–	0,08	–
Euro 5	2009.09	1	0,1	–	0,06	0,005
Euro 6	2014.09	1	0,1	–	0,06	0,005



Obrázek 3: Vývoj emisních limitů Euro pro osobní automobily na příkladu emisí NO_x a PM [7]

1.1.2 DALŠÍ VÝZNAM NOREM EURO

Na základě emisních norem Euro došlo během posledních dvou desetiletí k vytvoření dalších souvisejících nařízení. Dva z nejznámějších – ekologickou daň a německé ekoplakety – blíže představují následující řádky.

EKOLOGICKÁ DAŇ V ČR

V České republice se podle úrovně Euro normy vypočítává tzv. ekologická daň na osobní automobily. Vozidla nesplňující žádnou z norem (tedy vyrobená před rokem 1992) jsou zařazena do skupiny Euro 0 a při prvním přepisu takového vozu musí kupující zaplatit jednorázový poplatek ve výši 10 000 korun. Automobily splňující normu Euro 1 jsou zatížena daní ve výši 5 000 korun a pro Euro 2 platí taxa 3 000 korun. Vozidla splňující normu Euro 3 a vyšší jsou prozatím od této daně osvobozena. [4]

NĚMECKÉ EKOLOGICKÉ PLAKETY

V sousedním Německu se podle Euro norem již přibližně 10 let přidělují automobilům takzvané ekologické plakety, které dané vozidlo opravňují ke vjezdu do center měst. Rozlišují se celkem tři úrovně – červená (nejméně šetrné), žlutá a zelená (moderní automobily s nízkým množstvím vypouštěných exhalací). Vozy s benzinovým motorem bez katalyzátoru (nesplňující ani normu Euro 1) nemohou získat plaketu žádné barvy, všechna ostatní zážehová auta dostávají samolepící zelené plakety. U naftových vozů je situace složitější – ty s normou Euro 1 a starší nezískají žádnou plaketu, vozy s plaketou Euro 2 obdrží plaketu červenou, s Euro 3 žlutou a od normy Euro 4 výše zelenou. [8]

1.2 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA EMISE OSOBNÍCH VOZIDEL V USA

Již v úvodu bylo zmíněno, že první snahy o snižování emisí v dopravě se objevily právě v USA. Dá se tak říci, že propracované a časem prověřené americké legislativní normy byly dlouhou dobu vzorem pro zkoušky i ve zbylých částech světa. Například vybavení vozidla

katalyzátorem výfukových plynů tak bylo v USA povinné již od poloviny sedmdesátých let. [2] Problematika tamních emisních norem je však poměrně složitá, zejména proto, že stále existují jak legislativní nařízení jednotlivých států (ty jsou stále vydávány například kalifornskou CARB), tak i právní úpravy na celofederální úrovni (zajišťované EPA). Ve stručnosti tedy budou pro lepší orientaci v problematice uvedeny pouze nejzákladnější informace o právních normách a typech homologačních jízdních testů, které se používají na území USA.

1.2.1 EMISNÍ NORMY V USA

Osobní vozidla jsou v USA z pohledu emisí rozdělena do 2 kategorií: Tier 1 a Tier 2.

TIER 1

Jedná se o dlouhodobě platný emisní standard, který upravuje maximální hodnoty emisí u osobních vozidel, lehkých užitkových a nákladních automobilů, vozů kategorie SUV, minivanů a pick-upů do celkové hmotnosti 8 500 liber (přibližně 3 855 kg). [6]

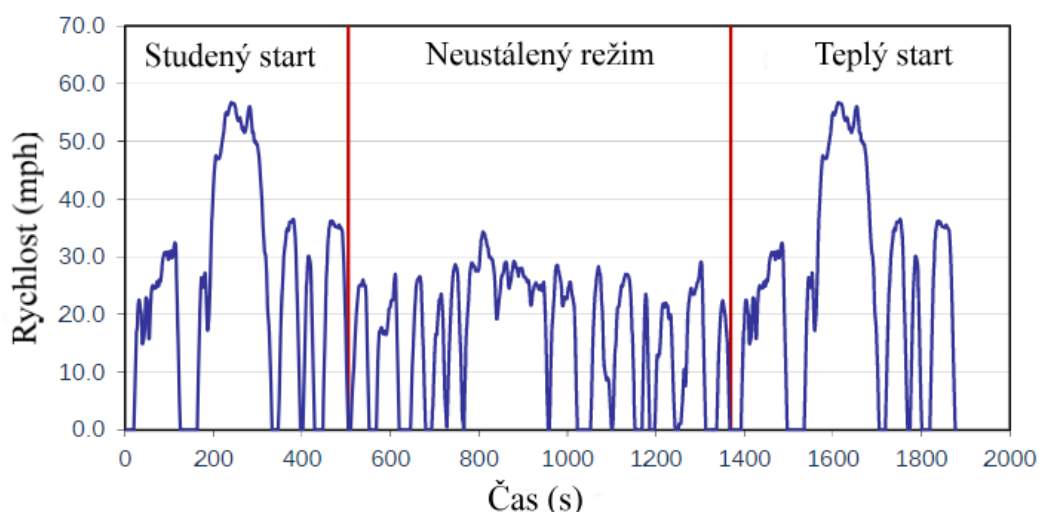
TIER 2

Od roku 2009 zavedená norma, která zpřísňuje množství exhalací vypouštěných těžšími vozidly, jako jsou velké pick-upy nebo těžká terénní vozidla o celkové hmotnosti 8 500 až 10 000 liber (cca 3855 až 4536 kg). Tyto v USA velmi oblíbené kategorie automobilů zde totiž stále podléhají homologaci pro osobní vozidla. [6]

1.2.2 HOMOLOGAČNÍ JÍZDNÍ TESTY V USA

Laboratorní měření byla na federální úrovni zavedena agenturou EPA v roce 1978. V současné době je pro úspěšnou homologaci vozidla v USA nutno splnit emisní test FTP 75 doplněný o další specializované laboratorní testy.

FTP 72/75



Obrázek 4: Jízdní cyklus FTP 75, přeloženo z anglického originálu [9]

Již od zmíněného roku 1978 je v platnosti základní cyklus FTP 72, respektive jeho později doplněná modernější verze FTP 75. Tento se skládá ze tří základních částí simulujících

městský provoz – fáze studeného startu (za teploty v laboratoři v rozmezí 20 až 30 °C), fáze neustáleného režimu a fáze teplého startu. Vůz na vozidlovém dynamometru ujede 11,04 míle (přibližně 17,8 km) za průměrné rychlosti 21,2 mph (cca 34,1 km/h). [6] [9]

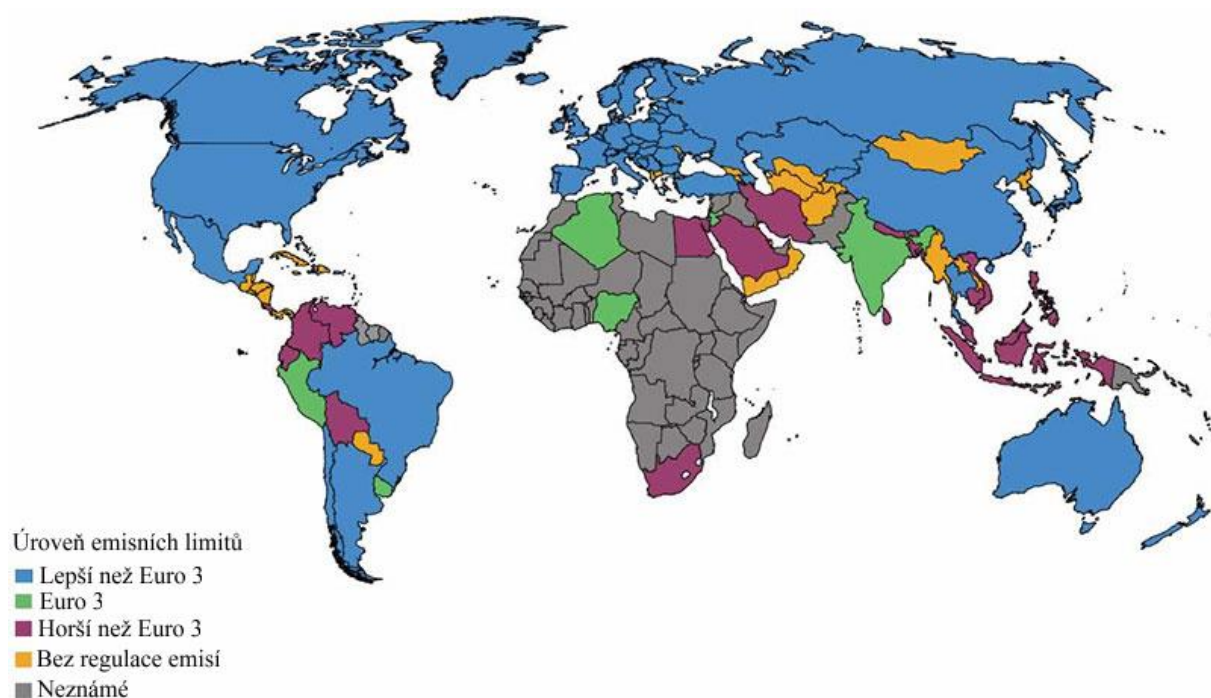
DOPLŇKOVÉ JÍZDNÍ TESTY

K dalším doplňujícím jízdám zkouškám v USA lze zařadit test v simulovaném dálničním provozu HWFET, případně cykly US 06 (ten představuje agresivní způsob jízdy s prudkými rozjezdy a vysokými otáčkami motoru) a SC03 (při něm je v laboratoři nastavena teplota přibližně 35 °C a simuluje se jízda se zapnutou klimatizací). [6] [10]

1.3 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA EMISE OSOBNÍCH VOZIDEL V DALŠÍCH ČÁSTECH SVĚTA

Ve většině zbylých částí světa (s výjimkou Afriky) platí emisní limity odvozené nebo přímo převzaté převážnou částí ze zmíněných evropských nebo amerických norem – vždy podle toho, které oblasti je daný stát geograficky, ekonomicky nebo politicky blíže. Jistou výjimkou je Japonsko, které si stále udržuje svoji legislativní úpravu a jehož limity se řídí i další státy z asijsko-pacifického regionu. Alespoň částečné sjednocení by v budoucnu mohlo přinést další rozšiřování nového jízdového testu WLTC, který je již od počátku navržen jako globální. Podrobné informace o tomto i o dalších v EU známých způsobech měření přinesou následující kapitoly této práce.

Níže přiložený obrázek 5 ukazuje úroveň platných emisních limitů v globálním měřítku – jako vztažná hodnota je v tomto případě použita úroveň evropské normy Euro 3. Pro další studium platných emisních limitů a způsobů měření emisí lze doporučit publikaci *Driving and Engine Cycles* autora Evangelose Giakoumise, která vyšla v nakladatelství Springer Berlin Heidelberg v roce 2017.



Obrázek 5: Porovnání emisních limitů osobních vozů ve světě, přeloženo z anglického originálu [11]

2 MĚŘENÍ EMISÍ S VYUŽITÍM METODIKY NEDC

Základ metodiky NEDC (z anglického New European Driving Cycle – nový evropský jízdní cyklus) byl poprvé představen v roce 1970. K původní simulaci městského provozu se v roce 1992 přidal test v mimoměstském cyklu a celá zkouška se zároveň stala povinnou pro všechny osobní vozy. V souvislosti se zpřísnováním emisních norem a s nimi souvisejícími požadavky na maximální množství vypouštěných exhalací (viz část 1.1.1) se příslušná upravující směrnice dočkala několika aktualizací, současnou podobu si však udržovala již od roku 1996. [12]

Důvodem pro zavedení jednotného měřicího cyklu byla potřeba vytvoření etalonového testu pro hodnocení spotřeby paliva a množství vypouštěných škodlivin, který by bylo možno jednoduše opakovat s co možná nejmenší odchylkou mezi jednotlivými měřeními. Je důležité poznamenat, že tohoto měřicího cyklu se užívalo pouze při homologaci automobilů ve státech Evropské unie.

2.1 PRŮBĚH HOMOLOGAČNÍ EMISNÍ ZKOUŠKY

Homologační emisní zkoušku pro osobní automobily v Evropské unii definuje předpis EHK 83, který lze zjednodušeně přiblížit zejména těmito znaky: [13]

- vztahuje se na vozidla kategorií M1, M2, N1 a N2 s maximální referenční hmotností 2 610 kg (na základě žádosti ze strany výrobce lze zvýšit na maximálně 2 840 kg)
- umožňuje vyhodnotit vypuštěné škodliviny u vozidel s rozmanitými pohonnými jednotkami – zážehovými i vznětovými, jednopalivovými, dvoupalivovými (například kombinace benzínu a LPG), flexi fuel (nejčastěji benzín a etanol E85) i hybridními (kombinace klasického spalovacího motoru s elektromotorem)
- pro vozidla se zážehovým motorem nařizuje provedení zkoušek typu I až VI
- pro vozidla se vznětovým motorem nařizuje provedení zkoušek typu I a V
- pro vozidla se zážehovým i vznětovým motorem nařizuje provedení zkoušky palubního systému diagnostiky OBD
- zkoušky probíhají zejména ve válcové homologační zkušebně na dynamometru za přesně stanovených podmínek (například teploty okolního vzduchu, motoru, paliva, atmosférického tlaku, vlhkosti vzduchu), případně i v podmínkách reálného provozu

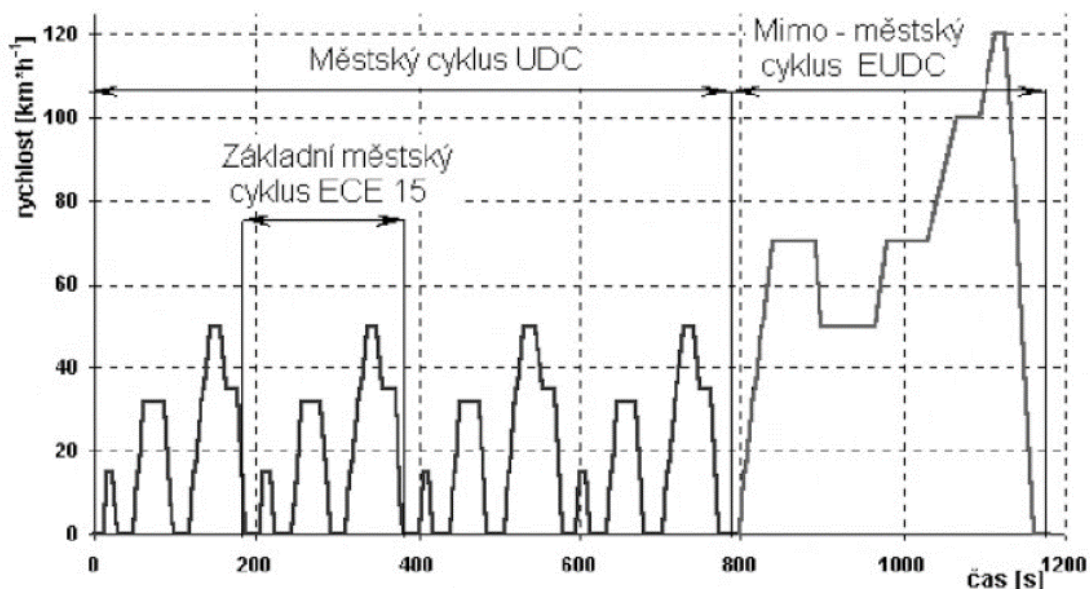
Bližší představení jednotlivých typů zkoušek je uvedeno na následujících řádcích, předepsané emisní limity pro úspěšnou homologaci pak uvádí tabulka 1 na straně 12 této práce.

2.1.1 ZKOUŠKA TYPU I¹

Účelem zkoušky typu I je zjištění průměrného množství vypouštěných emisí z výfukové soustavy po studeném startu motoru. Je prováděna bez výjimky u všech vozidel bez ohledu na typ pohonné jednotky a použité palivo. Do 1. září 2018 se jednalo o měření pomocí výše zmíněného jízdního cyklu NEDC. Při něm je automobil umístěný ve vodorovné poloze na vozidlový dynamometr a je ofukován proudem vzduchu o proměnné rychlosti. Zkušební vozidlo musí být v dobrém mechanickém stavu se zajetým motorem, přičemž před zkouškou

¹ Nařízení Evropské komise 1151/2017 z 1. června 2017 nařizuje provedení doplňkové zkoušky 1A pomocí metodiky RDE. Tato je detailně popsána v kapitole 4.

by mělo mít najeto minimálně 3 000 km (nejvýše však 15 000 km) a po dobu minimálně 6 hodin před vykonáním měření musí být temperováno na teplotu 20–30°C. Následně se provede bez přerušení samotná zkouška v trvání 1 180 sekund (tj. necelých 20 minut). Tato zkouška je dále rozdělena na 2 části - 4 městské cykly ECE 15 (souhrnně nazývaných UDC – Urban Driving Cycle) a jednoho mimoměstského cyklu EUDC (Extra Urban Driving Cycle). Výfukové plyny jsou během měření odsávány a následně ředěny ventilátorem, přičemž vzorek naměřených spalín se nasbírá do vaků, kde se stanoví jednotlivé koncentrace ředěných emisí. Konkrétně jde o oxid uhelnatý, uhlovodíky, oxidy dusíku a pevné částice. [6] [13]



Obrázek 6: Průběh jízdního cyklu NEDC [6]

Tabulka 2: Parametry jízdního cyklu NEDC [6]

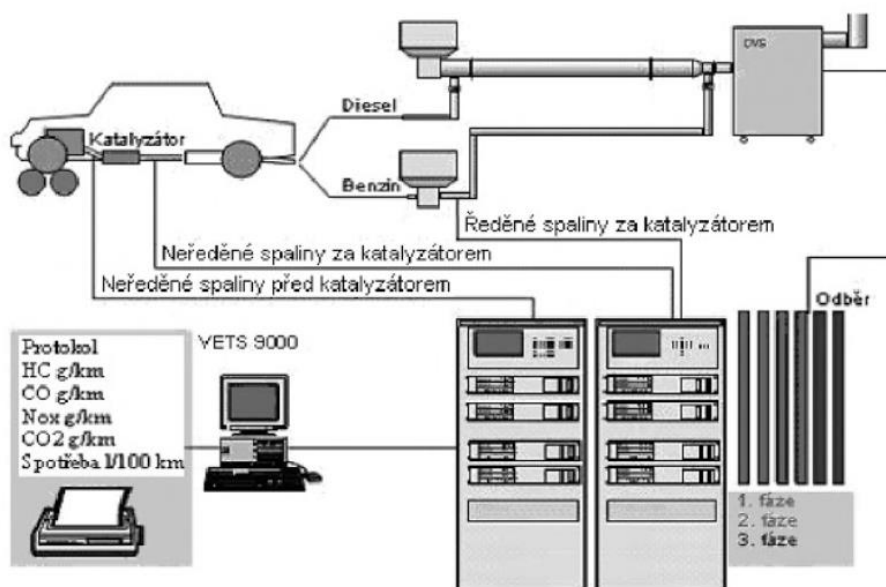
část cyklu	doba [s]	dráha [m]	Ø zrychlení [m·s ⁻²]	volnoběh [s]	Ø rychlost [km·h ⁻¹]	max. rych. [km·h ⁻¹]
UDC (4 ECE 15)	780	4 052	0,487	252	27,60	50
EUDC	400	6 955	0,395	41	69,70	120
UDC + EUDC	1180	11 007	0,458	293	44,70	120

MĚSTSKÝ CYKLUS UDC

Jak již bylo řečeno výše, první část jízdního cyklu NEDC je tvořena městským cyklem v délce 780 sekund, jež je složen ze 4 po sobě jdoucích základních městských cyklů ECE 15. V této fázi jízdního testu je využito prvních tří rychlostních stupňů a simuluje se běžný městský provoz s častým zastavováním a během motoru ve volnoběžných otáčkách. [13]

MIMOMĚSTSKÝ CYKLUS EUDC

Druhou částí jízdního testu je zkouška EUDC, která slouží zejména k simulaci plynulé jízdy mimo území obce a na dálnicích či rychlostních silnicích. Při zkoušce trvající 400 sekund se využívá zejména vyšších rychlostních stupňů a vozidlo dosáhne rychlosti až 120 km/h. [13]



Obrázek 7: Schéma zkušebny pro měření emisí [6]

2.1.2 ZKOUŠKA TYPU II

Zkouška typu II slouží ke zjištění vypouštěných emisí oxidu uhelnatého při volnoběžných otáčkách a je povinná pro vozy se zážehovým motorem (včetně vozidel s pohonem na LPG nebo zemní plyn). Teplota v laboratoři se při zkoušce musí pohybovat v rozmezí 20–30 °C a měří se motor zahřátý na provozní teplotu. [13]

2.1.3 ZKOUŠKA TYPU III

Zkouška typu III je určena ke změření emisí plynů z klikové skříně a je provedena výhradně u vozidel se zážehovým motorem. K jejímu vykonání jsou přistavena vozidla, jež uspěla ve zkouškách typu I a II, přičemž je ověřována správná funkce systému odvětrávání klikové skříně. [13]

2.1.4 ZKOUŠKA TYPU IV

Účelem zkoušky typu IV je stanovení ztráty uhlovodíků vypařováním z palivové soustavy automobilu. Zkouška se provádí pouze u zážehových motorů, a to na vozidlovém dynamometru ve speciální kabině určené výhradně pro tento typ měření. Samotná zkouška je opět provedena dle jízdního cyklu NEDC (jako v případě zkoušky typu I), přičemž po jeho dokončení je vozidlo odstaveno a je provedeno měření na odstaveném vozidle za tepla. Poté je vůz po dobu 6 až 36 hodin odstaven, aby na něm mohla být následně provedena poslední 24hodinová zkouška. [13]

2.1.5 ZKOUŠKA TYPU V

Zkouška typu V je určena k ověření životnosti zařízení proti znečišťování ovzduší (tzv. zkouška stárnutí). Je určena jak pro vozidla se zážehovým, tak i vznětovým motorem a provádí se buď jízdou na zkušební trati, na silnici, nebo ve zkušebně na vozidlovém dynamometru. Cílem zkoušky je ověření funkčnosti příslušného zařízení do ujetí 160 tisíc

kilometrů. U vozidel se zážehovým motorem je sledováno stárnutí katalyzátoru a kyslíkové sondy, u vozidel vybavených vznětovým motorem je jízdním cyklem vyvolávána řízená regenerace filtru pevných částic. [13]

2.1.6 ZKOUŠKA TYPU VI

V pořadí šestá část evropského homologačního emisního testu je zkouška typu VI, která se zaměřuje na ověření průměrných výfukových emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků po studeném startu pohonné jednotky za nízkých okolních teplot. Je prováděna výhradně u vozidel se zážehovým motorem, přičemž ze zkoušky jsou vyjmuty motory s pohonem výhradně na zkapalněný ropný plyn (LPG) nebo na zemní plyn (CNG). Před zahájením této zkoušky se vozidlo odstaví po dobu 12–36 hodin. Teplota okolí naměřená na suchém teploměru pak musí být po celý tento časový úsek udržována na průměrné hodnotě -7°C . Následně se za těchto klimatických podmínek provede na vozidlovém dynamometru zkouška sestávající z jednoho cyklu UDC (viz kapitola 2.1.1). [13]

2.1.7 ZKOUŠKA OBD

Smyslem poslední zkoušky dle EHK 83, jež je předepsána pro všechna vozidla bez ohledu na typ pohonné jednotky, je kontrola funkce palubního systému diagnostiky OBD (On Board Diagnostics) ve vztahu k emisnímu systému vozidla. V průběhu zkoušky OBD se simulují nejružnější chybové situace (například nahrazení katalyzátoru nefunkčním, odebrání filtru pevných částic, porucha emisního systému v průběhu jízdní zkoušky typu I aj.) s následným vyhodnocením reakcí palubního systému. Mezi veličiny sledované systémem OBD se řadí zejména činnost katalyzátoru (případně i filtru pevných částic, pokud je jím vozidlo vybaveno), funkčnost lambda sond a zařízení pro recirkulaci výfukových plynů (EGR) nebo správná funkce systémů vstřikování paliva a močoviny pro systém selektivní katalytické redukce (SCR). Jakákoliv porucha na těchto zařízeních musí být správně indikována rozsvícením kontrolky na přístrojové desce vozidla, zároveň jsou data o poruše uložena do paměti OBD. [13] [14] [15]



Obrázek 8: Vozidlo v průběhu emisního testu na válcovém dynamometru [16]

2.2 PROBLEMATIKA VYUŽITÍ NEDC JAKO ETALONU MĚŘENÍ

Jak již bylo uvedeno v předchozí podkapitole, primárním důvodem pro zavedení jednotného evropského jízdního cyklu NEDC pro měření emisí výfukových plynů a spotřeby paliva byla potřeba vytvoření etalonu – vzorového měření, které bude možno opakovat a jednoduše provádět na všech vyráběných automobilech. S tím také souvisí možnost porovnávání takto získaných hodnot mezi jednotlivými modely, což uvítá zejména koncový zákazník. Je však třeba si uvědomit, že cyklus NEDC má své kořeny již v 70. letech 20. století a od té doby se prakticky nezměnil. Co se však během této dlouhé doby změnilo přímo diametrálně je mimo přísnějších emisních limitů hlavně intenzita provozu ve městech i mimo zastavěná území, včetně maximálních zde dosahovaných rychlostí. Pokročil také technický vývoj vozidel, takže starý cyklus nemohl správně zohlednit například spotřebu a emise hybridních vozů či dokonce čistých elektromobilů.

Na první pohled se zdá, že je tento měřicí cyklus poměrně přesně definovaný, avšak postupem času si snad všichni výrobci vozidel v kontextu stále se zpřísňujících emisních norem začali hledat cesty, kterými by mohli dosáhnout příznivějších výsledků. Tím pádem se začaly papírové hodnoty získané měřením dle NEDC čím dál tím více odlišovat od těch reálných.

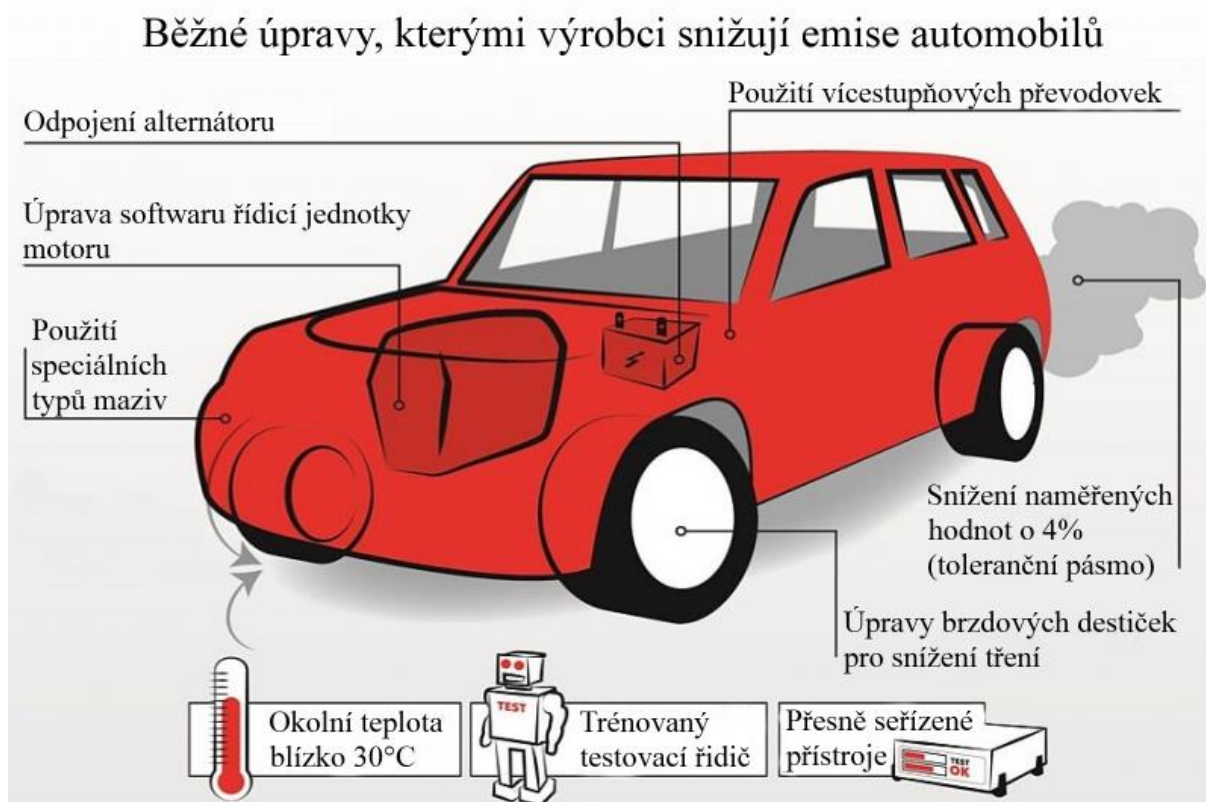
Zpráva Evropské federace pro dopravu a životní prostředí (T&E) z roku 2013 uvádí, že průměrná odchylka mezi uváděnou a skutečnou spotřebou byla u automobilů prodávaných v Německu v roce 2001 asi 7 %, přičemž v inkriminovaném roce 2013 již dosáhla průměrně 23 % a u některých konkrétních modelů až extrémních 50 %. K podobnému závěru podle této zprávy dospěly také výzkumy vykonané ve Švýcarsku a Nizozemí. [17]

2.3 MOŽNOSTI OVLIVŇOVÁNÍ VÝSLEDKŮ TESTŮ PODLE METODIKY NEDC

Některé automobilkami využívané způsoby papírového snížení vypouštěných emisí a spotřeby paliva pramenily z mezer a nedostatků v definici jízdního cyklu – jednalo se tak například o odstranění veškeré „nepotřebné“ doplňkové výbavy vozidla, jelikož tato nebyla při měření dle NEDC zohledňována. Ke zkouškám tak často přistupovaly vozy v základním výbavovém stupni (jmenovitě například bez prvků komfortní výbavy jako je klimatizace nebo vyhřívání sedaček), často ještě v zájmu snížení hmotnosti „očesané“ třeba o vnější zpětná zrcátka či některé prvky vnitřního vybavení.

Dalšími podobnými triky bylo zatlačení brzdových destiček do třmenů tak, aby mezi nimi a brzdovými kotouči nevznikalo, byť jen minimální, tření, použití speciálního motorového oleje, odpojení alternátoru nebo použití maximálního přípustného tlaku v pneumatikách. Teplota v laboratoři byla většinou nastavena na nejvyšších povolených 30 °C – za této teploty se agregát automobilu rychleji zahřeje na provozní teplotu a bude tedy dříve pracovat v optimálních provozních podmínkách. Nepříliš překvapivou skutečností je to, že vozidla byla testována speciálně školeným řidičem, který dovedl využít maximálních rozsahů tolerančních pásem v jízdním cyklu, čímž dále snižoval naměřené údaje. Samozřejmě pak bylo závěrečné ponížení zjištěné hodnoty o nejvyšší povolenou toleranci 4 %. [17] [18] [19]

Výše zmíněné triky výrobců i několik dalších ukazuje obrázek 9 na následující straně.



Obrázek 9: Způsoby ovlivňování laboratorních emisních testů, přeloženo z anglického originálu [17]

Jiné využívané druhy redukce emisí byly přímo zaměřeny na přizpůsobení automobilů měřicímu cyklu NEDC. Tyto změny byly konstrukčního rázu a zejména v posledních přibližně 10 letech jimi byly postupně vybavovány nově představované modely snad všech výrobců, i když o jejich opravdovém přínosu pro ekologii a ekonomičnost provozu by se dalo přinejlepším dlouze polemizovat. Samostatnou kapitolou je potom speciální režim řídicí jednotky pro měření emisí, kterým u svých naftových motorů neslavně proslul zejména koncern Volkswagen. Několik těchto metod blíže představím v následujících oddílech. [17] [19]

2.3.1 SYSTÉM START-STOP

Pro běžného řidiče patrně nejznámějším důsledkem přizpůsobování se požadavkům NEDC je elektronický systém Start-Stop, který je zodpovědný za vypnutí motoru v situacích, kdy běží na volnoběh v klidovém režimu (typicky například čekání na červené na křižovatce nebo stání v koloně). Pro automatické nastartování motoru pak stačí řidiči opětovně stisknout pedál spojky. [20] [21]

Tímto systémem se tak výrobci snaží eliminovat běh motoru v cyklu NEDC, který obsahuje celkem 12 časových úseků, ve kterých motor vozu běží v klidu na volnoběh. U vozidel vybavených systémem Start-Stop je tedy v těchto 12 úsecích motor vypnutý a neprodukuje vůbec žádné zplodiny. Toto na první pohled velmi jednoduché a důmyslné řešení však v praxi skrývá řadu nástrah a jeho přínos pro reálné snížení množství vypouštěných exhalací je sporný. Jisté výsledky může dle mého názoru přinést v případě, že je automobil provozován

z větší části pouze v hustém městském provozu, při dlouhých dálničních jízdách však mimo případného stání v koloně neuspoří vůbec nic. Ruku v ruce s častým startováním a vypínáním motoru jde také zvýšené opotřebení startéru a autobaterie, což se výrobci snaží alespoň částečně eliminovat použitím lépe dimenzovaných, ale také podstatně dražších komponent. Relativně běžný úkon, jakým dle mého názoru stále ještě třeba výměna autobaterie je, se tak může v konečném důsledku motoristovi nepříjemně prodražit. Zapomenout také nesmíme na opotřebení citlivých turbodmychadel moderních motorů, případně na vyšší míru poškození klikové hřídele a dalších mechanických součástí soudobých pohonných jednotek. Vlivem trvale zvýšené zátěže a s tím souvisejícím větším opotřebením tak může motor se systémem Start-Stop po několika letech provozu produkovat více emisí než srovnatelná jednotka tímto zařízením neosazená. Drtivá většina automobilů v současnosti prodáváných v zemích EU je systémem Start-Stop standardně vybavena, přičemž jen výjimečně výrobci umožňují toto zařízení tlačítkem trvale vypnout. [20] [22]



Obrázek 10: Tlačítko pro vypnutí/aktivaci systému Start-Stop [22]

V důsledku obav mnoha motoristů z většího opotřebení součástí motoru a s tím souvisejícím rizikem budoucích nákladných oprav je častou praxí vypínání Start-Stopu po každém nastartování, čímž je jeho případný přínos zcela vyloučen a jeho jedinou funkcí je snížení laboratorních emisí a spotřeby paliva při homologačním testu.

2.3.2 DOWNSIZING

Druhým konstrukčním opatřením, které se v posledním desetiletí dostalo do prakticky všech nově představovaných a vyráběných automobilů, je downsizing. To lze zjednodušeně přeložit jako zmenšování – myšlenkou downsizingu je tedy snižování zdvihového objemu motoru při dosažení stejného nebo často dokonce i vyššího výkonu, kterého by dosáhl starší motor. Díky této technologii tak může být například zážehový atmosférický motor o objemu 2,0 litru nahrazen kupříkladu přeplňovaným agregátem o objemu 1,4 litru při současném (alespoň papírovém) snížení spotřeby a emisí. [23]

U starších motorů vyjadřoval jejich zdvihový objem množství směsi nasávané pohonnou jednotkou při každém sacím zdvihu. Ve většině případů downsizovaných motorů pomáhá deficit nižšího zdvihového objemu vyrovnat turbodmychadlo, které umožňuje zvýšit tlak

vzduchu na vstupu do sání a tím pádem nabrat větší množství směsi. Dalším pomocníkem moderních pohonných jednotek je systém přímého vstřikování paliva do válců, čímž je umožněno jeho přesné dávkování i řízení jeho spalování. Konstrukteři se tedy skrze efektivnější práci motoru snaží dosáhnout příznivějších hodnot spotřeby paliva a vypouštěných exhalací. Spolu se snížením zdvihového objemu se motor stává celkově menším a lehčím, což bývá navíc často umocněno použitím tříválcové nebo dokonce jen dvouválcové architektury namísto tradiční čtyřválcové či šestiválcové koncepce – a menší hmotnost by opět měla teoreticky znamenat ve výsledku nižší emise a spotřebu paliva celého automobilu. [23] [24] [25]

Realita a přibližně desetiletí provozu motorů s touto technologií však podle mne jasně ukázaly na určité nedostatky této myšlenky. Menší motor musí být pro dosažení požadovaného výkonu více namáhán – je třeba jej provozovat ve vyšších otáčkách, což snižuje jeho životnost a zvyšuje náklady na případný servis. K vytáčení motoru řidiče nezřídka nutí i dlouhé zpřevodování, které pomáhá dosáhnout příznivé spotřeby paliva v laboratoři (motor pracuje po většinu testu v otáčkách těsně nad volnoběhem), ale ve skutečném provozu se motor na vyšších převodech trápí a neposkytuje ideální dynamické parametry.

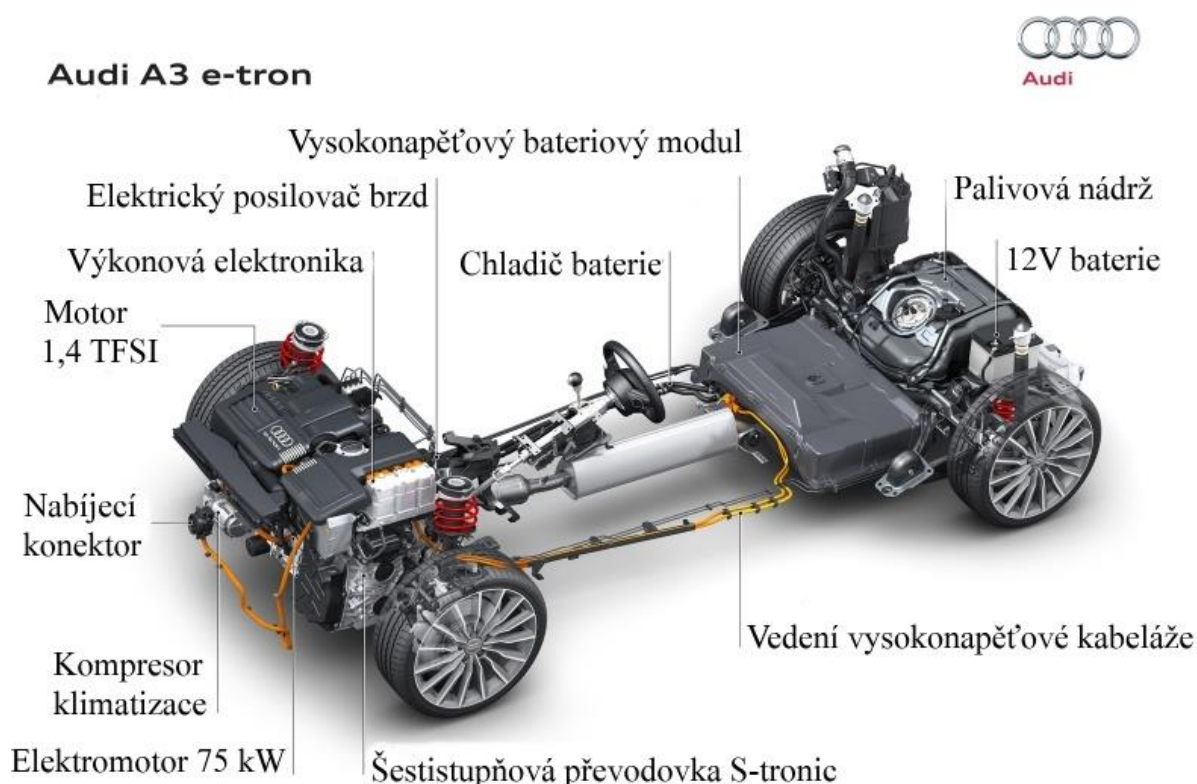
Kvůli těmto charakteristikám tak nejsou ani původně očekávané úspory paliva a snížení produkce škodlivin natolik výrazné. Proto se v poslední době od downsizingu začíná pomalu upouštět a starší typy motorů jsou nahrazovány novými s větším zdvihovým objemem (příkladem je třeba nahrazení motoru VW 1,4 TSI novým motorem 1,5 TSI). [24] [26] [27] [28]

2.3.3 HYBRIDNÍ TECHNOLOGIE

Zajímavou formou papírového snížení emisí je zavedení hybridního pohonu do sériově vyráběných automobilů. Nejčastěji se jedná o kombinaci klasického benzinového spalovacího motoru s elektrickým, přičemž vozidlo obvykle nabízí i režim provozu čistě na elektrický pohon, na nějž dokáže ujet přibližně 30 až 50 kilometrů. Dobíjení baterie je přitom možno zabezpečit jednak zpětnou rekuperací při brždění nebo přímým dobíjením ze zásuvky (takzvané plug-in hybridy). Schéma moderního hybridního automobilu je na příkladu vozu Audi A3 e-tron předvedeno na obrázku 11. [29]

Výrobci obvykle zákazníky lákají na často až neuvěřitelně nízké hodnoty exhalací a spotřeby paliva – ty jsou však opět dosažitelné pouze v laboratorních podmínkách jízdního cyklu NEDC. Ten totiž se svojí délkou přibližně 11 kilometrů umožňuje hybridním automobilům vykonat klidně celý test v plně elektrickém režimu, který vykazuje nulové hodnoty emisí. Konkrétně automobilky postupovaly tak, že hybridní automobily měřily dvakrát – poprvé v čistě elektrickém režimu (a tedy s nulovými emisemi), podruhé s vybitými bateriemi při pohonu klasickým spalovacím motorem. Na závěr se provedlo zprůměrování obou hodnot, čímž výrobce dosáhnul fantasticky nízkých emisí. Na první pohled se tak mohou hybridní automobily jevit jako velice ekologické, avšak podobně jako třeba u systému start-stop je podle mého názoru jejich jediný přímý přínos v čistě městském provozu, a to ještě navíc po omezenou dobu – dokud nedojde k vybití baterií.

Odvrácenou a nepříliš často zmiňovanou negativní stranou mince jsou dále u hybridů jejich akumulátory – konkrétně zejména ekologická zátěž při jejich produkci a rovněž ne zcela dořešený způsob likvidace vysloužilých kusů. [29] [30] [31]



Obrázek 11: Audi A3 e-tron s hybridní technologií, upraveno a přeloženo z německého originálu [30]

V některých západoevropských zemích navíc vlády podporovaly nebo stále podporují pořízení hybridního auta nejrůznějšími pobídkami (nejčastěji ve formě přímé dotace, nebo následného odpuštění silniční daně). V souvislosti s nově platnou metodikou měření emisí však přestalo velké množství hybridních automobilů splňovat podmínky pro přidělení dotace (nový způsob měření razantně zvýšil tabulkové hodnoty jejich emisí CO_2), což mělo za následek prudký pokles jejich prodejů, jelikož bez finančního příspěvku státu je jejich cena pro jednotlivce i firmy stále příliš vysoká. Následkem toho jsou stávající modely doprodávány a pro nezáměr zákazníků v tichosti často úplně vyřazovány z nabídky. [30] [32]

Myšlenka hybridních technologií jako taková však jistě zcela lichá není. Myslím si, že v blízké budoucnosti bude jejich popularita opět narůstat, a to zejména ve spojitosti se snižováním cen baterií a současně jejich rostoucí kapacitou a tím pádem čím dál tím vyšším dojezdem. Automobilky budou potřebovat úsporné automobily pro splnění svých flotilových limitů CO_2 , k čemuž jsou hybridy skvělým prostředkem. Je však potřeba jejich popularitu nastavět pouze na finančních příspěvcích vlád, ale poukázat na jejich výhody zejména v městském provozu (jakkoliv již podle nové metodiky měření nebudou jejich papírové parametry spotřeby a vypouštěných škodlivin tak fantastické jako doposud). [32]

2.3.4 ÚPRAVA SOFTWARE ŘÍDICÍ JEDNOTKY MOTORU

Dalším a mediálně jistě nejpropíranějším způsobem vylepšení výsledků laboratorního měření je úprava softwaru řídicí jednotky motoru. Notoricky známý je případ koncernu Volkswagen, který před 4 lety odstartoval kauzu dnes známou jako Dieselgate, podobný software však do svých automobilů instalovaly také mnohé další automobilky.

Vozidlo vybavené upraveným softwarem je schopné rozpoznat, že je přistaveno k homologačnímu emisnímu testu. Jasnými ukazateli jsou zejména: [33] [34] [35]

- okolní teplota v rozmezí 20 až 30 °C a předepsaný atmosférický tlak
- vodorovná poloha vozu
- konstantní poloha volantu
- otevřená kapota motoru
- rozdílné otáčky kol na přední a zadní nápravě
- ztráta signálu vestavěné GPS navigace (uvnitř zkušebny většinou není pokrytí GPS)
- specifický způsob zátěže motoru (konstantní zrychlování, změny otáček, přerazování, udržování rychlosti aj.)

Na základě těchto indicií rozhodne řídicí jednotka motoru o přepnutí do režimu pro měření emisí. V tomto módu pohonná jednotka vypouští minimální množství škodlivin, avšak není v něm schopna dlouhodobého provozu. Po pominutí testovacích podmínek se software automaticky přenastaví do standardního módu a automobily při běžné jízdě vypouštějí až čtyřicetkrát větší množství emisí, než jaké jim byly naměřeny při homologaci. [34] [35]

Taktiku popsanou v předešlém odstavci využíval koncern Volkswagen u naftových motorů TDI. O něco jednodušší způsob vymysleli inženýři italského výrobce FIAT. Řídicí jednotka nebyla schopná vyhodnotit začátek a konec testu, ale byla nastavena tak, aby se emisní systém ve své plné funkčnosti aktivoval po každém nastartování vozidla a byl v provozu přibližně 22 minut, čímž byla zajištěna jeho činnost po celou dobu jízdního testu (cyklus NEDC začíná nastartováním motoru a následně trvá přibližně 20 minut, zvolený dvaadvacetiminutový úsek tak jeho požadavkům vyhověl i s rezervou). [36]

Některé jiné automobilky však zvolily přesně obrácený přístup – emisní systém byl standardně plně funkční a k jeho deaktivaci došlo jen v případě, že software řídicí jednotky jednoznačně vyhodnotil, že nejsou splněny podmínky pro uskutečnění jízdního cyklu NEDC. Takové situace však samozřejmě v běžném provozu převažují a v tuto chvíli předmětný automobil produkuje rovněž několikanásobně vyšší emise, než je udáváno. Jakkoli se může zdát, že jsou oba způsoby ve výsledku rovnocenné, za nelegální je považován pouze první z nich. Výrobci ve druhém případě nepodváděli v pravém slova smyslu, jelikož pouze naladili motory rozdílně pro různé režimy zatížení, zatímco Volkswagen využil cestu přímého rozpoznání měření a až následné aktivace emisního systému v plném rozsahu, navíc se k celé záležitosti později přiznal. [34]

3 MĚŘENÍ EMISÍ S VYUŽITÍM METODIKY WLTP

Původní jízdní cyklus NEDC byl s přibývajícím věkem stále více kritizován pro svou zastaralost a s tím související neobjektivnost jím poskytovaných výsledků. Ta se projevila zejména neustále se zvětšujícími rozdíly mezi udávanými a skutečnými hodnotami spotřeby paliva a množství vypouštěných škodlivin (CO, NO_x, HC, pevných částic). Už před vypuknutím kauzy Dieseldgate – konkrétně v roce 2007 – se tak začalo na půdě OSN pracovat na nové metodice měření WLTP (Worldwide Harmonized Light-duty Vehicles Test Procedure), která bude lépe vystihovat současný provoz v moderních městech i mimo ně. Navíc je základ této metodiky od počátku zamýšlen jako globální, což umožní porovnávání naměřených hodnot v celosvětovém měřítku (v jednotlivých regionech budou z pochopitelných důvodů existovat odlišnosti, způsobené například rozdílnými dopravními předpisy a lokálními potřebami). [40]

Od 1. 9. 2017 je pro všechny nově homologované modely osobních automobilů a lehkých užitkových vozidel v zemích EU povinné měření pomocí WLTP. Počínaje 1. 9. 2018 je potom nová metodika povinná pro homologaci všech (tedy i stávajících) modelů. [37] Hodnoty dle NEDC však mohou být v dokumentaci k vozu stále uváděny jako doplňující informace. Evropská komise dále doporučuje od 1. 1. 2019 uvádět parametry spotřeby a vypouštěného množství CO₂ výhradně podle nové metodiky měření, avšak konkrétní datum podléhá příslušným národním nařízením.

Nový způsob měření je tedy prozatím aplikován ve všech 28 členských státech Evropské unie, v Norsku, Švýcarsku, Lichtenštejnsku, Turecku, Izraeli a na Islandu. V místní upravené podobě je v platnosti v Japonsku a pro měření emisí se používá také v Číně. Mezi další země, které plánují zavedení, se řadí například Indie a Jižní Korea. [38]

3.1 JÍZDNÍ TESTY DLE METODIKY WLTP

Jízdní cyklus NEDC byl v homologačním emisním testu (detailně popsán v kapitole 2.1) součástí zkoušky typu 1. Aktuálně platná metodika měření WLTP pro zkoušku typu 1 zavádí nově připravený cyklus WLTC (Worldwide Light-duty Vehicles Test Cycle). Ten je ve srovnání s původním testem NEDC daleko komplexnější a je schopen postihnout mnohem širší škálu činitelů, které mají vliv na spotřebu a emitované škodliviny – zohledňuje se také vliv příplatkové výbavy na hmotnost vozu nebo jeho aerodynamiku a valivý odpor. Nově se pro měření automobilů rozděluje do tří skupin podle jejich výkonové hmotnosti: [39] [40]

- Třída 1: výkonová hmotnost do 22 W/kg včetně
- Třída 2: výkonová hmotnost mezi 22 a 34 W/kg včetně
- Třída 3: výkonová hmotnost větší než 34 W/kg

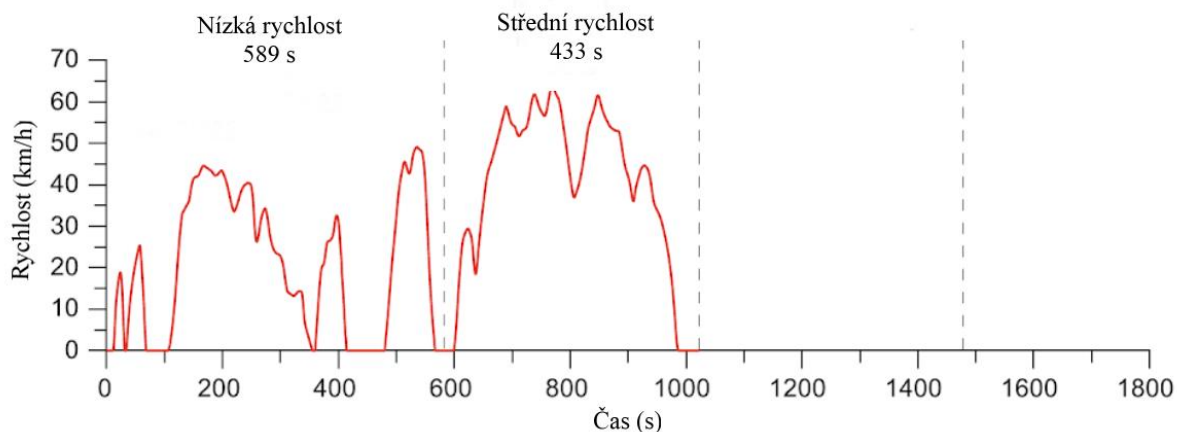
Emisní test v každé třídě je rozdělen do několika fází:

- Nízká rychlost (Low): simuluje městský provoz
- Střední rychlost (Medium): simuluje jízdu mimo město
- Vysoká a velmi vysoká rychlost (High a Extra High): simulují dálniční provoz

Průběh jízdního testu pro jednotlivé třídy vozidel blíže představují následující podkapitoly této práce.

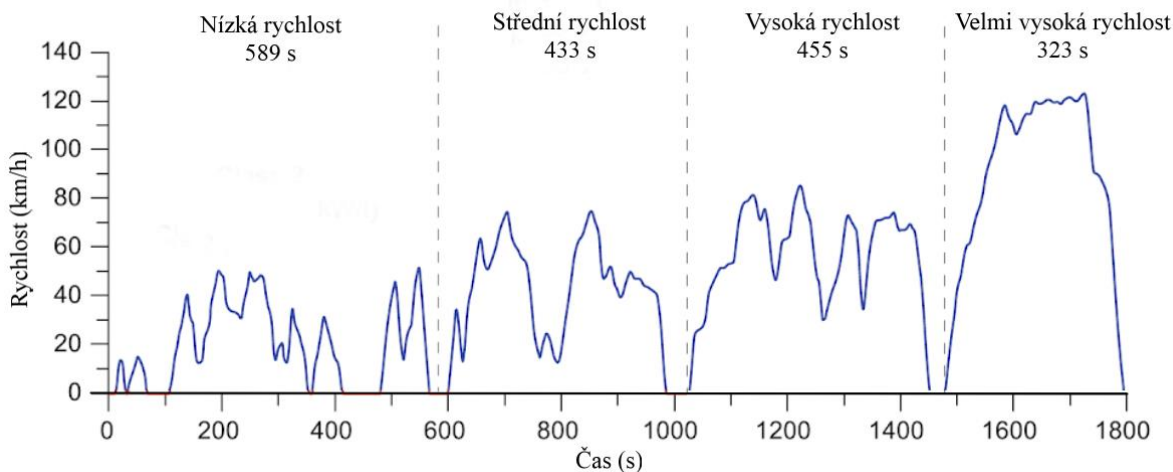
3.1.1 TŘÍDA 1

V první kategorii se ocitají nejméně výkonné vozy. Jízdní cyklus WLTC v tomto případě zahrnuje pouze úseky s nízkou a střední rychlostí, přičemž pokud je maximální rychlost vozidla nižší než 70 km/h, tak dochází k nahrazení úseku se střední rychlostí úsekem s nízkou rychlostí. Tato kategorie je však spíše okrajovou záležitostí. [39] [40]



Obrázek 12: Měřicí cyklus WLTC pro vozidla třídy 1, upraveno z anglického originálu [40]

3.1.2 TŘÍDA 2



Obrázek 13: Měřicí cyklus WLTC pro vozidla třídy 2, upraveno z anglického originálu [40]

Do druhé skupiny taktéž spadají slabší osobní vozidla, případně například také některé lehké užitkové vozy. Test obsahuje čtyři rychlostní pásma – s nízkou, střední, vysokou a velmi vysokou rychlostí, přičemž pásmo velmi vysokých rychlostí je možné ze zkoušky vynechat (záleží na rozhodnutí lokálních odpovědných orgánů). [39] [40]

3.1.3 TŘÍDA 3

V poslední kategorii se nachází automobily s výkonovou hmotností nad 34 W/kg. V rámci třídy 3 se ještě dále rozlišují 2 podskupiny vozidel: [39] [40]

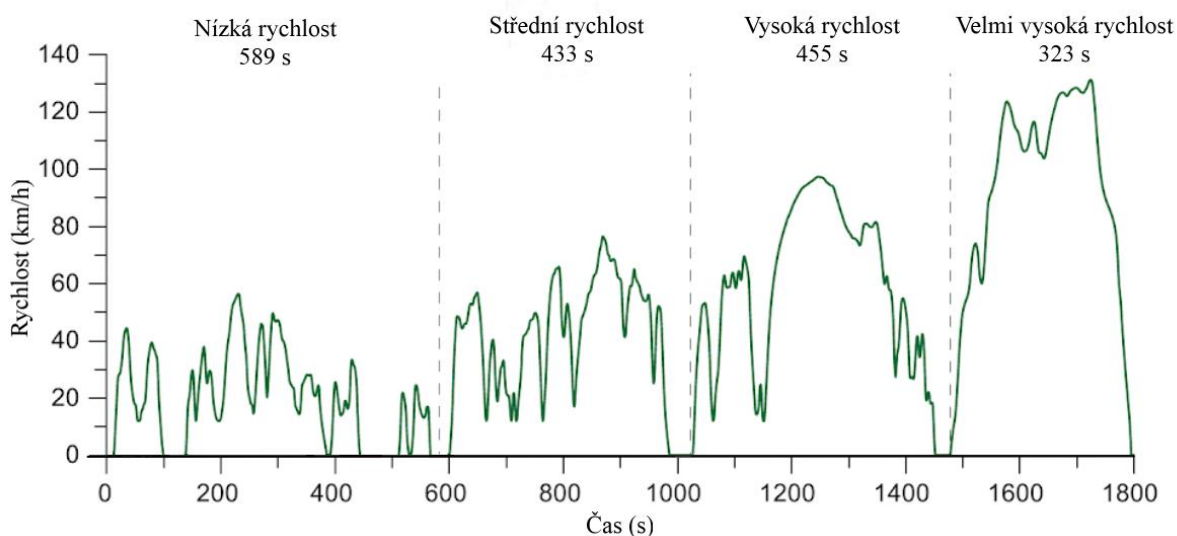
- Automobily s maximální rychlostí do 120 km/h (například užitkové vozy; třída 3-1)
- Automobily s maximální rychlostí vyšší než 120 km/h (třída 3-2)

Cyklus obsahuje podobně jako u třídy 2 celkem čtyři rychlostní fáze – s nízkou, střední, vysokou a velmi vysokou rychlostí a stejně jako v předešlém případě je i zde možné vynechat poslední fázi testu ve velmi vysokých rychlostech, čehož je využito například při aplikacích testu v Číně nebo v Indii. [40]

Jelikož do třídy 3 spadá drtivá většina osobních automobilů, bude této skupině věnováno podrobnější pojednání.

Základními podmínkami testovacího cyklu WLTC třídy 3 jsou zejména: [41]

- Teplota vzduchu v testovací laboratoři 23 °C
- Motor zkušebního vozidla zajetý minimálně 3 000 km
- Zatížení vozu 100 kg zátěží
- Palivová nádrž plná na 90 %
- Motorový olej běžné specifikace a běžné palivo
- Prvky komfortní výbavy (například autorádio, klimatizace, vyhřívání oken a sedaček) vypnuty po celou dobu testu
- Zapnuté denní svícení
- Brzdy v normálním provozním stavu



Obrázek 14: Měřicí cyklus WLTC pro vozidla třídy 3, upraveno z anglického originálu [40]

PRŮBĚH ZKOUŠKY TYPU 1 DLE WLTP

Před zahájením samotné zkoušky se vozidlo stejně jako při starém typu měření odstaví na dobu minimálně 6 hodin (avšak maximálně 36 hodin) k vytemperování na předepsanou teplotu 23 °C s tolerancí ± 3 °C. Kapota motoru je během temperování i následné zkoušky uzavřena. Jízdní test WLTC začíná nastartováním studeného motoru. Bezprostředně poté následuje první část zkoušky v délce 589 sekund, ve které vozidlo v simulovaném městském provozu ujede vzdálenost přibližně 3 kilometry a dosáhne maximální rychlosti 56,5 km/h. Následující část trvající 433 sekund představuje jízdu mimo obec, přičemž se dosáhne maximální rychlosti 76,6 km/h. Ujetá vzdálenost v tomto případě činí asi 4,8 kilometru. Předposlední fází celé zkoušky je úsek s vysokou zátěží v trvání 455 sekund/7,2 kilometru, který napodobuje jízdu po rychlostních silnicích. Nejvyšší dosažená rychlost je potom 97,4 km/h. V této části také automobil dosahuje maximálního zrychlení (konkrétně $1,6 \text{ m/s}^2$). Závěrečným krokem je zkouška s velmi vysokou zátěží, která se snaží o simulaci dálničního provozu. Na úseku dlouhém přibližně 8,3 kilometru dosáhne automobil nejvyšší rychlosti v celém testu, a to konkrétně 131,3 km/h. Plynulé dálniční jízdě odpovídá také nejnižší zrychlení ze všech fází testu, které činí přibližně 1 m/s^2 . Podobně jako ve starém testu NEDC jsou během měření vzorky spalín zachytávány do speciálních vaků, ze kterých je po ukončení testu stanovena koncentrace CO, HC, NO_x a PM. Ihned po ukončení měření je pohonná jednotka vypnuta. [41]

Informace z předchozích řádků přehledně shrnuje a doplňuje následující tabulka 3:

Tabulka 3: Parametry jízdního cyklu WLTC, upraveno z [16]

	Nízká	Střední	Vysoká	Velmi vysoká	Celkem
Trvání (s)	589	433	455	323	1800
Čas zastavení (s)	150	49	31	8	235
Ujetá vzdálenost (m)	3095	4756	7162	8254	23266
Podíl stání (%)	26,5	11,1	6,8	2,2	13,4
Maximální rychlost (km/h)	56,5	76,6	97,4	131,3	
Průměrná rychlost se zastaveními (km/h)	18,9	39,4	56,5	91,7	46,5
Průměrná rychlost bez zastavení (km/h)	25,3	44,5	60,7	94	53,5
Průměrné zrychlení (m/s^2)	0,48	0,44	0,37	0,3	0,41
Maximální zrychlení (m/s^2)	1,5	1,6	1,6	1	1,6

3.2 WLTC VERSUS NEDC

Na předešlých stránkách byly představeny dva v současnosti nejznámější jízdní cykly pro měření emisí – starý evropský NEDC a nový globální test WLTC. Jaké jsou však mezi nimi ve skutečnosti rozdíly? Dokáže nově připravený cyklus skutečně podávat reálnější hodnoty vypouštěných škodlivin? Odpověď na tyto otázky není jednoduchá.

3.2.1 POROVNÁNÍ METODIK

Pravdou samozřejmě je, že nově připravený jízdní cyklus WLTC dokáže mnohem lépe popsat jízdu dnešních automobilů v moderním provozu, který je oproti stavu před 30 a více lety daleko hustší a současně i rychlejší. Původní evropský jízdní test byl vyvinut v době mnohem méně výkonných a lehčích automobilů, které navíc prakticky bez výjimky používaly běžné spalovací motory – a to ať už benzinové, nebo naftové. Cyklus NEDC se skládal ze dvou

jednoduchých částí – městského a mimoměstského cyklu, přičemž oba se vyznačovaly velmi pomalou akcelerací a poměrně nízkými dosaženými rychlostmi (konkrétně 50 a 120 km/h). Metodika testu navíc předepisovala udržování konstantních rychlostí na velmi dlouhých úsecích, což pochopitelně neodpovídá běžnému režimu provozu dnešních vozidel.

Oproti tomu je aktuálně platný jízdní test WLTC rozdělen dokonce na 4 části, kdy se každá z nich pokouší simulovat jiný jízdní režim. Automobil je tedy testován nejen v městském a mimoměstském režimu, ale i v podmínkách jízdy po rychlostních silnicích a dálnicích. V souvislosti s touto změnou došlo také k úpravám na maximálních dosažených rychlostech. V městském provozu se vůz rozpohybuje na přibližně 56 km/h a třeba v dálničním módu až na 131 km/h. Změněna byla také intenzita a četnost zrychlování a brždění, jakkoliv by však mohly být i nově navržené hodnoty v budoucnosti kritizovány pro jejich podhodnocenost. Více než zdvojnásobena byla také ujetá vzdálenost, kdy WLTC předepisuje délku přibližně 23 km (oproti pouhým 11 kilometrům v NEDC). [42]

Terčem kritiky NEDC byly také dlouhé úseky běhu motoru na volnoběh (celkem 293 vteřin), které postupně všechny automobilky přiměly k instalaci systému Start-Stop. I tato část doznala v moderním způsobu měření změny a doba stání se tak i přes mnohem delší trvání testu (20 minut pro NEDC, 30 minut pro WLTC) zkrátila na 235 vteřin. Důsledkem této změny může být v budoucnosti postupný odklon výrobců od masivního nasazování technologie Start-Stop (další informace o systému Start-Stop v kapitole 2.3.1 této práce). [42]

Změnou prošlo také řazení jednotlivých převodových stupňů během jízdního testu. Ve starém cyklu NEDC byly body přerazování jednotně stanoveny pro všechny testované motory. Nezohledňoval se tak například počet převodových stupňů nebo délka jednotlivých převodů u konkrétního vozu. Aktualizovaný jízdní test WLTC oproti tomu umožňuje vypočítat body změny převodových stupňů pro každý model vozu individuálně. [43] Cyklem NEDC také byly zvýhodněny automatické převodové skříně, jelikož pro ně žádná omezení neplatila. Papírově tak vozy s automatickou převodovkou dle NEDC vykazovaly nižší hodnoty spotřeby a emisí, ačkoliv zkušenosti motoristů stále hovoří spíše opačně. [44]

Samostatnou kapitolou je také možnost reálnějšího vyhodnocení spotřeby a emisí vozidel s nekonvenčními pohonnými jednotkami, jako jsou například hybridní vozy. Norma NEDC nebyla schopna tato vozidla správně změřit, jelikož umožňovala vykonání celého testu v plně elektrickém režimu. Takový jízdní režim však pochopitelně neodpovídá skutečnosti. Jízdní cyklus WLTC je oproti NEDC mnohem dynamičtější a delší, a dokáže tak daleko lépe prověřit skutečnou kapacitu baterií a dojezd hybridního vozidla na čistě elektrický pohon. Právě nízký reálný dojezd na elektřinu je důvodem, proč spousta doposud prodávaných hybridů v novém jízdním testu neobstála a jejich emise se dostaly na úroveň běžných spalovacích vozidel, což de facto znamenalo konec jejich produkce – vyšší tabulkové emise totiž znamenají nepřidělení státního příspěvku na pořízení takového vozu, což většinu potenciálních zájemců o takový automobil odradí. [31] Více informací o hybridních technologiích poskytuje kapitola 2.3.3.

ZOHLEDNĚNÍ Vlivu DOPLŇKOVÉ VÝBAVY

Podstatnou novinkou je zohledňování vlivu nadstandardní výbavy vozidla na množství jím vypouštěných exhalací. Podle metodiky WLTP je tedy potřeba otestovat vozy všech možných kombinací výbav, motorizací, převodovek a karosářských variant a pro každou kombinaci následně uvádět přesnou hodnotu exhalací. [42]

Původně se s nástupem měření podle metodiky WLTP počítalo až v období kolem roku 2020 (přičemž výrobci takřka s jistotou očekávali další posunutí tohoto termínu). Dění kolem kauzy Dieseldgate však proces zavedení nového cyklu urychlilo, takže byl ve své finální podobě schválen již v červenci 2017. Od 1. září téhož roku byla zavedena povinná homologace všech nových typů dle WLTP a od 1. září 2018 je již tato metodika povinná pro všechny automobily prodávané na trzích EU. Velice krátký čas od přijetí nové legislativy do jejího vstupu v platnost společně s násobně vyšší časovou náročností nového způsobu měření zastihl většinu automobilek nepřipravenou. S největšími problémy se pak potýkaly automobilky, které pro své vozy nabízejí velký výběr motorizací, druhů převodovek a prvků příplatkové výbavy. Homologační zkouška každé varianty vozidla podle metodiky WLTP totiž trvá přibližně 5 dní, takže certifikované zkušební doslova praskaly ve švech, přičemž mnozí výrobci (mezi ně se řadí například i domácí Škoda Auto) se raději rozhodli při homologaci upřednostnit pouze nejžádanější specifikace svých modelů a ty zbylé (zejména z okrajových segmentů trhu) podle nové metodiky vůbec neměřit a dočasně (nebo dokonce v některých případech i trvale) je vyřadili z nabídky. [16] [45] [46]

Zákazníci tak byli v posledních měsících svědky omezeného výběru nových vozů, případně se museli smířit s velmi dlouhými dodacími lhůtami. Do osudného 1. září 2018 přitom musely být prodány všechny vozy schválené podle staré metodiky, jelikož po tomto datu už by nemohly být jako nové přihlášeny k provozu v zemích EU. V průběhu loňského roku tedy došlo k absurdní situaci, kdy nejprve trh v jarních a letních měsících zaplavil výprodej automobilů se starou homologací, aby na podzim a v zimě prodeje vykázaly prudký pokles z výše zmíněných důvodů. [47]

3.2.2 WLTC A REÁLNÝ PROVOZ

I když je jízdní test WLTC navržen tak, aby co možná nejlépe představoval realistické podmínky provozu a zároveň odstraňoval nedostatky a slabá místa zastaralého NEDC, nemůže přinášet výsledky, kterých budou řidiči schopni vždy dosáhnout při skutečné jízdě na silnicích. Jedná se stále o laboratorní test, který slouží jako etalon měření emisí pro vzájemné porovnávání různých modelů automobilů. Myslím si, že nespornou výhodou oproti staré metodice je pro koncového zákazníka zohledňování vlivu jednotlivých příplatkových prvků. Nově je tak možné přesně určit, které součásti vozu mají jaký dopad na vypouštění emise, potažmo na spotřebu paliva.

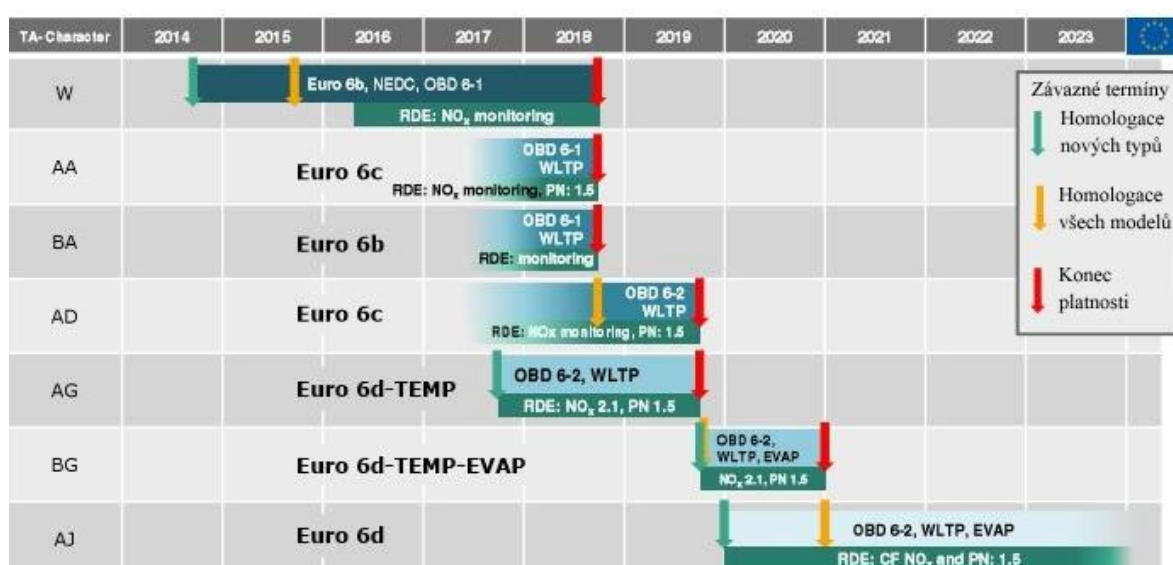
Každý motorista má svůj osobitý a jedinečný jízdní styl – někdo zrychluje spíše zvolna a stejně tak i brzdí, jiní potřebují využít potenciál motoru na maximum, a tak pohonnou jednotku provozují ve vyšších otáčkách a před zatáčkou brzdí mnohem razantněji. Současně se na hodnotách vypouštěných exhalací významnou měrou podílí také terén, zatížení vozidla, hustota provozu či klimatické podmínky. Není v silách žádného normovaného jízdního cyklu všechny tyto difference postihnout a zohlednit, papírově naměřené hodnoty by se však nově měly lišit od skutečnosti podstatně méně. [48] [49]

Kvůli výše zmíněným důvodům (a navíc i pro omezení záměrného ovlivňování výsledků ze strany výrobců aut) byl proto v souvislosti s příchodem nové emisní normy Euro 6d-TEMP zaveden v zemích EU další doplňující homologační test pro měření emisí – tentokrát v opravdovém provozu na skutečně silnici – nazývaný RDE. Více se o něm dozvíme v následující kapitole.

4 MĚŘENÍ EMISÍ V REÁLNÉM PROVOZU – RDE

Po zavedení měření emisí v reálném provozu volali odborníci již delší dobu. Podobně jako v případě nové metodiky laboratorního měření WLTP však byly přípravy uspíšeny kauzou Dieselgate, která vypukla v roce 2015. K 1. září 2017 tedy Evropská unie jako první na světě svým nařízením uvádí v platnost metodiku RDE (Real Driving Emissions), jejímž úkolem je ověřovat v podmínkách skutečného provozu hodnoty vypouštěných emisí NO_x a pevných částic. Do homologačního emisního testu je pak RDE zařazeno jako zkouška typu 1A. [41]

Zavedení nového typu měření je možné rozdělit do několika etap. Aktuálně (duben 2019) je obecně RDE povinné pro homologace všech nových modelů automobilů, od 1. září 2019 pak bude vyžadováno u všech prodáváných typů. Přehledně všechny termíny zobrazuje následující obrázek 15:



Obrázek 15: Harmonogram zavádění nových emisních norem včetně RDE, upraveno a přeloženo z anglického originálu [37]

4.1 FAKTORY KONFORMITY

Nařízením Evropské unie z října roku 2015 byly stanoveny pro měření RDE tzv. faktory konformity. Ty stanovují jakousi nepřekročitelnou maximální hodnotu vypouštěných škodlivin, a to proto, že přenosné zařízení pro měření emisí (PEMS) není schopno z mnoha důvodů poskytnout pokaždé stejnou přesnost měření jako laboratorní přístroje. Těmito důvody jsou zejména následující: [50]

- ovlivnění okolní teplotou
- ovlivnění změnou nadmořské výšky
- tolerance čidel a senzorů
- nepřesná kalibrace celého zařízení PEMS
- kondenzace ve výfukovém potrubí

Aktuálně (duben 2019) tedy metodika RDE umožňuje dosáhnout 2,1násobku laboratorních hodnot emisí v případě NO_x a 1,5násobku v případě pevných částic. Obrázek 15 ukazuje budoucí zpřísnění tohoto faktoru, kdy bude od ledna 2021 v platnosti faktor konformity 1,5 i v případě emisí NO_x pro všechny prodávané automobily na trzích EU.

V současné době je legislativním požadavkem pro emise oxidů dusíku při testu na válcové zkušebně maximálně 80 mg/km, což v praxi znamená, že v testu RDE s faktorem konformity 2,1 uspějí i automobily, které vypustí až 168 mg/km, od inkriminovaného ledna 2021 pak 120 mg/km.

Reálně se výrobci automobilů snaží motory nastavit na co nejnižší hodnoty vypouštěných škodlivin oxidů dusíku, aby předešli případnému neúspěchu v silniční části RDE homologačního testu (například proto, že by během měření zařízení PEMS pracovalo s velkou odchylkou a rozdíl mezi laboratorním a reálným měřením by nevyrovnal ani faktor konformity). V praxi tak jsou hodnoty exhalací hluboko pod povolenými limity.

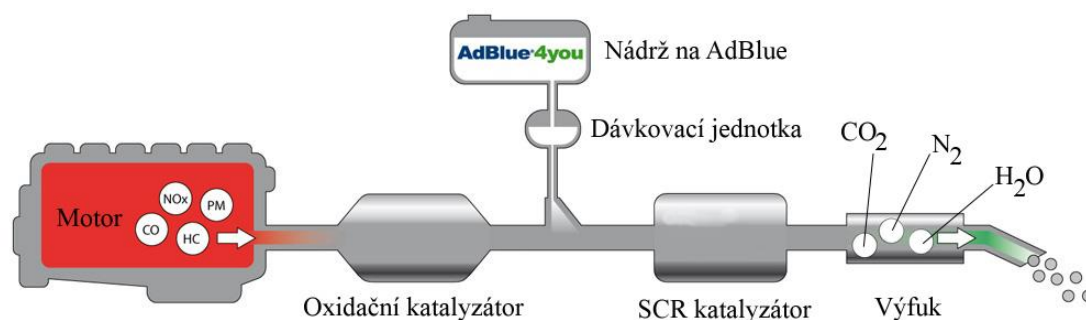
Během posledních měsíců se tak i mezi laickou veřejností dostaly výsledky ověřovacích měření německého autoklubu ADAC, které přinesly zajímavé výsledky – některé automobily (ať už s benzinovými, nebo se vznětovými motory) plnící normu Euro 6d-TEMP neprodukovaly vůbec žádné emise NO_x, jiné pouze minimální množství. Úplně všechny by také prošly testem i s přísnějším faktorem konformity 1,5, který vstoupí plně v platnost až na počátku roku 2021. [51]

Tabulka 4: Výsledky testu ADAC u naftových motorů z února 2019; upraveno z [51]

	EU-norma	Emise NO _x v testu RDE (mg/km)	Teplota při testu (°C)	Faktor konformity
Audi A8 50 TDI	6c	15	23,4	0,19
BMW 520d Septronic	6c	5	14	0,07
BMW 520d Touring	6d-TEMP	1	5,4	0,01
BMW X2 xDrive 20d	6d-TEMP	23	6,8	0,29
Citroën Berlingo 130 BlueHDi	6d-TEMP	7	5,8	0,09
Honda Civic 1,6 i-DTEC	6d-TEMP	101	24,9	1,26
Kia Ceed 1,6 CRDi	6d-TEMP	22	18,8	0,28
Mercedes-Benz A 180D	6d-TEMP	40	1,2	0,5
Mercedes-Benz C 220D	6d-TEMP	0	19,5	0
Opel Astra 1,6 D	6d-TEMP	1	3,3	0,02
Peugeot 308 SW 180 BlueHDi	6d-TEMP	30	13,3	0,37
Volvo XC60 D5 AWD	6d-TEMP	56	7,9	0,7
Volkswagen Golf 1,6 TDI	6d-TEMP	14	-0,4	0,17

Ve skutečnosti však tyto závěry až tak překvapivé nejsou – moderní benzinové motory neměly s hodnotami NO_x nikdy významné potíže a u naftových motorů v souvislosti s razantním zpřísněním emisních norem byli výrobci k do té doby používanému klasickému oxidačnímu katalyzátoru a systémům DPF/FAP (filtr pevných částic) a EGR (recirkulace výfukových plynů) donuceni zařadit také takzvaný SCR katalyzátor. Jeho principem je vstřikování močoviny obchodně označované jako AdBlue do výfukového systému vozidla, kde dojde k selektivní katalytické redukci (odtud zkratka SCR) škodlivých oxidů dusíku na vodu (H₂O) a dusík (N₂). [6]

Je tedy jasné, že při vhodném naladění tohoto systému (a jeho případné kombinaci se systémem EGR) by vykazoval minimální hodnoty emisí NO_x prakticky jakýkoliv motor, klidně i agregát ze starého nákladního automobilu, autobusu či traktoru.



Obrázek 16: Schéma systému selektivní katalytické redukce, upraveno a přeloženo z anglického originálu [52]

4.2 MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ PEMS

Zařízení pro měření emisí v reálném provozu se označuje zkratkou PEMS (z anglického Portable Emissions Measurement System). Ve srovnání s laboratorní měřicí aparaturou se jedná o poměrně lehkou (cca 45 kilogramů) a rozměrově nenáročnou jednotku obvykle ve tvaru krabice, která je při testu nejčastěji umístěna na závěsném zařízení zkoušeného automobilu, případně může být uložena i v interiéru vozu. [53]

Uvnitř této jednotky se nachází takzvaný analyzátor výfukových plynů spolu s průtokoměrem, který umožňuje efektivní výpočet emisí. Důležitou podmínkou pro správnost celého měření je těsné spojení výfukové soustavy vozu s měřicím zařízením PEMS pomocí kvalitně svařených trubek z nerezové oceli, aby nemohlo dojít k ovlivnění (ať už pozitivnímu, nebo negativnímu) výsledků nasátím okolního vzduchu. [53]

V zavazadelníku automobilu je umístěn počítač, který slouží ke sběru a ukládání dat z měřicí jednotky, a externí napájecí zdroj pro celé zařízení. Přímé napájení z akumulátoru vozu není možné, jelikož by docházelo k nežádoucímu zkreslení výsledků skrze zvýšenou zátěž motoru. Tento externí bateriový zdroj tedy obsahuje lithium-iontový článek, který musí zajistit napájení počítače a měřicí jednotky po celou dobu zkoušky. Nezbytným příslušenstvím PEMS jsou také GPS jednotka pro zjišťování nadmořské výšky, ujeté vzdálenosti a rychlosti vozu a čidla zaznamenávající okolní teplotu, vlhkost vzduchu a atmosférický tlak. Jednotka PEMS je dále pomocí zásuvky palubní diagnostiky OBD připojena přímo k systémům vozidla, z jehož senzorů může přebírat další parametry potřebné k vyhodnocení celé zkoušky. [44] [53]

Moderní zařízení (tzv. iPEMS) disponují funkcí vysílání měřených dat pomocí technologie Wi-Fi. Posádka vozu tak může některé parametry kontrolovat i přímo během testu na obrazovce přenosného počítače nebo tabletu. [44] [53]



Obrázek 17: Zařízení PEMS umístěné na vozidle Peugeot 308 [54]

4.3 PRŮBĚH TESTU PODLE RDE

Každý emisní test podle metodiky RDE začíná přípravou prověřovaného vozidla. Tato příprava spočívá v instalaci GPS jednotky a senzorů pro měření atmosférického tlaku, vlhkosti a teploty okolního vzduchu. Všechna tato zařízení jsou spolu s potřebnou kabeláží obvykle pomocí lepicích pásek připevněna na střeše vozidla. Následně je do zavazadelníku vozu uložen počítač pro sběr a ukládání měřených dat a externí napájecí zdroj – z důvodů uvedených v předchozí podkapitole není možné použít napájení přímo z elektrické instalace vozidla. Dalším krokem je upevnění analyzátoru výfukových plynů – nejviditelnější části celé měřicí aparatury – na závěsné zařízení vozidla a utěsnění jeho spojení s výfukovým systémem. [53]

V tuto chvíli jsou na vozidlo nainstalovány všechny prvky měřicího systému a na řadu přichází kontrola jejich funkčnosti spolu se seřazením senzorů PEMS pomocí speciálních kalibračních plynů. Nezbytnou součástí je takzvaná validační zkouška vozidla ve zkušebně na válcovém dynamometru. Při ní je znovu zkontrolována správnost funkce všech systémů, a navíc proběhne také zkouška přesnosti skrze porovnání hodnot emisí naměřených stacionárním laboratorním vybavením a hodnot poskytovaných zařízením PEMS. Následně je v prostorách válcové zkušebny automobil s vypnutým motorem, zavřenými dveřmi a zavřenou kapotou motoru po dobu minimálně 8 hodin temperován na teplotu 23 °C. [53]

Po uplynutí této minimální lhůty je naposledy překontrolována správná funkce měřicí soustavy – pokud je vše v pořádku, je vozidlo způsobilé k provedení emisní zkoušky RDE.

Základní parametry samotného testu v reálném provozu jsou stanoveny poměrně benevolentně: [53] [55]

- venkovní teplota mezi -7 °C a +35 °C
- nadmořská výška do 1 300 m. n. m.
- maximální převýšení mezi začátkem a koncovým místem testu 100 metrů
- zatížení vozu na maximálně 90 % jeho kapacity
- komfortní příslušenství (např. klimatizace) zapnuto
- doba trvání 1,5 až 2 hodiny
- 3 druhy komunikací – městské, mimoměstské a dálniční

Konkrétní vhodná testovací trasa je předem vybrána výrobcem vozu a její dodržení je sledováno pomocí GPS jednotky.

První část zkoušky probíhá vždy v městském provozu. Její podíl na celkové ujeté vzdálenosti by měl činit 29 až 44 %, minimálně však 16 kilometrů. Rychlost se během této fáze testu pohybuje ideálně mezi 15 a 40 km/h, nesmí však překročit 60 km/h. [53] [55]

Druhý měřený úsek zahrnuje mimoměstské komunikace, přičemž podíl na celkové ujeté vzdálenosti by měl dosáhnout 23 až 43 %, minimálně však opět 16 kilometrů. Automobil se v této části zkoušky rozjede na 60 až 90 km/h. [53] [55]

Třetí a současně poslední fází je zkouška v dálničním provozu. Při ní vozidlo dosahuje rychlostí mezi 90 až 145 km/h (současně však platí, že maximální rychlosti ve všech fázích testu nesmí překračovat místní rychlostní limity – při měření na území ČR tak například není možné v dálničním režimu překročit rychlost 130 km/h). Po dobu minimálně 5 minut se automobil také musí pohybovat rychlostí vyšší než 100 km/h. Podíl na celkové ujeté vzdálenosti zde podobně jako v předešlém případě činí 23 až 43 %, minimálně však 16 kilometrů. [44] [53]

Po ukončení testovacího okruhu je vozidlo dopraveno zpět do homologační laboratoře, kde jsou následně zpracována a vyhodnocena naměřená data. Tento proces je poměrně náročný a může trvat i více než jeden den. Teprve po počítačové analýze naměřených údajů technici zjistí, zda byla testovací jízda platná. Některé parametry by si měl být schopen uvědomovat zkušební řidič již při testu – tedy jestli byly například dodrženy poměry všech tří úseků, nebyla v nich překročena maximální dovolená rychlost nebo byly všechny akcelerace dostatečně intenzivní, další lze sledovat v reálném čase přímo při testu. Někdy se však může během testu například samovolně změnit nastavení senzorů PEMS mimo povolené tolerance, čímž se měření stane neplatným a je nutno jej v plné délce zopakovat. [44] [53]

4.4 KONTROVERZE MĚŘENÍ V REÁLNÉM PROVOZU

Hlavním důvodem rychlého zavedení měření v reálném provozu byla potřeba reakce na situaci vyvolanou kauzou Dieseltgate, která naplno odhalila nekalé praktiky výrobců a propastné rozdíly v naměřených a skutečných hodnotách emisí vozidel. Nově připravený homologační jízdní cyklus WLTC je sice mnohem náročnější, přesnější a lépe definovaný, avšak případnému podvádění v podobě rozeznávání laboratorních testovacích podmínek předejít nedokáže. Není to v možnostech žádného standardizovaného jízdního testu na válcovém dynamometru. Tento problém se tedy RDE snaží vyřešit takřka beze zbytku, avšak ani jemu se nevyhýbá kritika.

4.4.1 VÝHRADY AUTOMOBILEK A HOMOLOGAČNÍCH ZKUŠEBEN

Tato kritika v první řadě míří na obtížnou opakovatelnost, značnou časovou náročnost měření a jeho složité vyhodnocení, často navíc s nejistým výsledkem. Výjimkou nejsou případy, kdy je nutné k úspěšnému dokončení testu zkušební jízdu s vozidlem zopakovat klidně i čtyřikrát, přičemž každému měření předchází několikahodinová příprava a temperování vozu. Následuje samotný přibližně dvouhodinový test a po něm celý den trvající analýza výsledků. Je jasné, že každý neplatný pokus stojí automobilky velké množství finančních prostředků – do doby úspěšného složení homologačního testu jsou v horším případě nuceny zastavit výrobu daného typu, v tom lepším pak vozy vyrábět tzv. na sklad a transportovat je na pronajaté parkovací plochy na letištích nebo v námořních přístavech. Tato situace eskalovala zejména na konci roku 2018, kdy došlo k nešťastnému souběhu s nástupem nového náročnějšího měření pomocí WLTC (více informací v části kapitoly 3.2.1). [45]

Z neoficiálních vyjádření pracovníků automobilek lze navíc mezi řádky vyčíst, že z jejich pohledu je hlavním důvodem pro zavedení RDE snaha politiků ukázat veřejnosti, že se ve věci emisí u osobních automobilů začaly konečně hýbat ledy – a emisní zkoušky v opravdovém provozu s nápadnými krabicemi na zadních testovacích vozů jsou k tomu ideálním nástrojem. [44] Každá mince má však dvě strany. Pokud by totiž v minulosti automobilky vědomě nepodváděly při laboratorních jízdních zkouškách, pak by dost možná žádný jízdní test v reálném provozu nikdy nevzniknul.

Objevují se také hlasy, že by RDE mohlo laboratorní jízdní testy nahradit v plném rozsahu. Toto řešení sice zní na první pohled lákavě (automobilkám by zkrátilo čas pro homologaci nových modelů), avšak zásadním problémem je dle mého názoru nízká míra opakovatelnosti měření v provozu. Zjednodušeně řečeno do reálného jízdního testu vstupuje mnoho proměnných, které činí každé jednotlivé měření unikátním. Myslím si, že význam jízdního cyklu typu WLTC jakožto určitého etalonu, ke kterému lze vztahovat ostatní měření, je zcela zřejmý. Jeho prvoplánové zrušení by tak bylo podle mě krokem nesprávným směrem – budoucnost homologačních zkoušek spatřuji právě ve vhodné kombinaci RDE a testu WLTC.

Se zvýšenými náklady se musejí potýkat také certifikované homologační zkušebny. Ty musely ke svému stávajícímu laboratornímu vybavení nakoupit moderní jednotky PEMS v ceně přibližně 4 miliony korun za kus, navíc je samozřejmě nutno připočíst další částky za proškolení odpovědných pracovníků. Všechny tyto dodatečné náklady pak pochopitelně pocítí koncový zákazník ve vyšší ceně nového automobilu. [44]

4.4.2 ŽALOBA NA LEGITIMITU FAKTORŮ KONFORMITY

V prosinci 2018 se Tribunál Evropské unie v Lucemburku zabýval žalobou, ve které společně města Paříž, Brusel a Madrid napadla nařízení 2016/6461 Evropské komise stanovující faktory konformity pro měření metodou RDE.

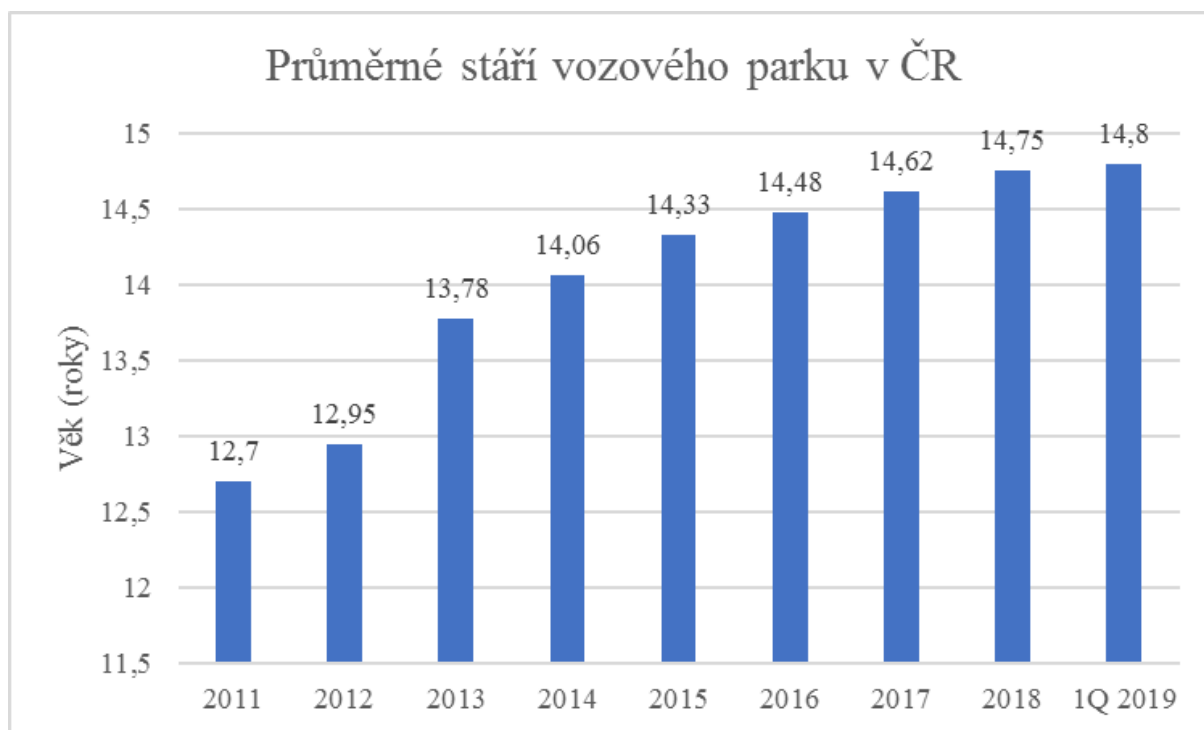
Hlavní výhradou výše zmíněných měst bylo to, že Evropská komise neměla právo stanovit faktory konformity vyšší než 1. Tímto krokem podle nich mohlo být umožněno úspěšné vykonání homologační zkoušky i vozidlům, která by v testu RDE vykazala emise až na úrovni 2,1násobku maximálních limitů stanovených pro laboratorní test WLTC, čímž by celá zkouška RDE pozbyla smyslu – nebylo by prakticky možné ověřit, zda vozidlo splňuje normu Euro 6 i v reálném provozu, nebo ne (doopravdy však pravděpodobně drtivá většina výrobců neriskuje případné odhalení dalších potíží s emisemi a své vozy nastavují tak, aby testy WLTC i RDE prošly s dostatečnou rezervou, více v kapitole 4.1 této práce).

Dne 13. prosince 2018 pak Tribunál Evropské unie rozhodl ve prospěch žalobců. V jeho rozsudku mimo jiné stojí, že stanovením faktorů konformity vyšších než 1 došlo k porušení nařízení č. 715/2007, které stanovuje maximální limity pro emise oxidů dusíku v normě Euro 6. Na takovou změnu však Evropská komise neměla právo, ačkoliv Tribunál současně připouští, že z některých důvodů (uvedených např. v kapitole 4.1) mohou výsledky jízdního testu RDE vyžadovat určitou korekci.

Rozhodnutím Tribunálu se tak ruší mezní hodnoty emisí NO_x pro zkoušku RDE. Z důvodů obav z právní nejistoty, která by mohla tímto rozhodnutím nastat, se však Tribunál rozhodl limity ze zrušeného ustanovení 2016/6461 ponechat v platnosti až do doby přípravy kvalitní právní úpravy inkriminované oblasti. V současné době (duben 2019) je rozsudek stále přezkoumáván odborníky na půdě Evropské komise a další vývoj celé situace je poměrně nejasný. [56]

4.4.3 PROBLEMATIKA ŽIVOTNOSTI PRVKŮ EMISNÍHO SYSTÉMU

V neposlední řadě je zde problém životnosti prvků emisního systému. Zkouška v reálném provozu je schopna potírat nekalé praktiky automobilek v podobě nejrozumnějších triků popsaných detailně v podkapitole 2.2.4, avšak podobně jako do jiných zkoušek jsou k testům přistavována nová vozidla v dokonalém technickém stavu. Podobně jako ostatní díly každého vozidla však podléhají také komponenty emisního systému opotřebení, což ale cyklus RDE není schopen postihnout. Zkouška typu V (více v kapitole 2.1.5) sice životnost těchto zařízení kontroluje, simuluje se však pouze opotřebení do 160 tisíc ujetých kilometrů. Dnešní automobily však během své životnosti najedou reálně i několikanásobek této vzdálenosti.



Obrázek 18: Průměrné stáří vozového parku osobních vozidel v ČR, zdroj dat [57]

Podle údajů Svazu dovozců automobilů za první čtvrtletí roku 2019 je průměrné stáří vozidel registrovaných v České republice 14,8 let. Vozový park navíc setrvale stárne (viz obrázek 18). Je tedy otázkou, jak budou složité „zelené“ technologie dnes vyráběných aut fungovat například po oněch patnácti a více letech provozu. Již dnes se na tuzemských silnicích setkáváme s vozidly, u kterých je emisní systém zjevně mimo provoz. Dle odhadů ÚAMK dokonce počet takových automobilů v České republice může dosahovat až jednoho milionu. [58] Typicky se jedná právě o 10 až 15 let stará auta s naftovým motorem, u nichž se majitelé z finančních důvodů rozhodli nezainvestovat peníze do pořízení nového či repasovaného filtru pevných částic. Nejlevnějším řešením je v takovém případě vymontování DPF z výfukové soustavy vozu a jeho tzv. „vykuchání“, případně nahrazení obyčejnou trubkou. „Odborná“ demontáž DPF, jakkoliv je nelegální, se dokonce stala předmětem živnosti některých autoservisů. Takto upravený vůz je potom i nadále plně funkční, avšak emisní limity již pochopitelně v žádném případě není schopen splnit. Za jízdy navíc sám na sebe spolehlivě upozorní extrémním množstvím černého sazovitého dýmu, který vychází z výfuku při každém sešlápnutí plynového pedálu.

Donedávna bylo běžnou praxí „protahování“ takto nevyhovujících vozidel přes periodické kontroly na Stanicích měření emisí (SME). Známým trikem bylo například změření emisí na jiném vozidle stejného typu, které bylo v pořádku, nebo smazání chybové hlášky nefunkčního řízení emisí motoru z paměti palubní diagnostiky OBD přímo zkušebním technikem (samozřejmě za odpovídající úplatek). Z tohoto důvodu došlo v nedávné době ke zpřísnění kontrolních měření na SME v podobě fotodokumentace prověřovaných automobilů a on-line odesílání naměřených dat na servery Ministerstva dopravy. [59] Mezi pravomoci Policie ČR pak byla nově přidána možnost nařízení kontrolního měření emisí na SME při podezření příslušníků na deaktivovaný či nesprávně fungující systém řízení emisí motoru. [60]

V současnosti se podobným situacím již snaží výrobci u nově produkováných automobilů předcházet. Jestliže tak například vozu vybavenému SCR katalyzátorem dojde kapalina AdBlue, upozorní automaticky řidiče speciální hláškou a kontrolkou motoru na přístrojovém štítu (viz obrázek 19) a motor se přepne do nouzového režimu. Tento se vyznačuje především omezeným spektrem dostupných otáček motoru a sníženou maximální rychlostí, a slouží tak hlavně k dojetí k nejbližší čerpací stanici nebo autoservisu. Zde by mělo v ideálním případě dojít k neprodlenému doplnění AdBlue do příslušné nádrže. Pokud by řidič ani po určité době na nastalý problém nereagoval, motor neumožní další nastartování. [61] Podobně moderní automobily reagují také na poruchu zařízení recirkulace výfukových plynů (EGR ventil).

Myslím si, že majitele nových a zánovních vozidel, kteří disponují dostatečnými finančními prostředky, tento způsob přiměje udržovat své vozidlo v adekvátním technickém stavu. Budoucí majitelé těchto vozidel však již podobně majetní být rozhodně nemusí – starší automobil si pořídí právě proto, že nemají na zakoupení a provoz nového. Často jde také o vozy tzv. „na dožití“, u nichž se žádná větší investice již nepředpokládá a jedinou snahou jejich vlastníků je udržet je v provozuschopném stavu co nejdéle, a to za vynaložení co nejmenších možných částek.

Dle mého názoru by tak bylo bláhové doufat, že se situace v této oblasti v blízké budoucnosti nějak drasticky změní k lepšímu – nové vozy budou sice vykazovat skvělé hodnoty vypouštěných škodlivin v laboratoři i v reálném provozu, vedle nich však budou páteř vozového parku stále tvořit stará auta v diskutabilním technickém stavu. Spíše se dá očekávat, že vynalézaví garážovní mechanici přijdou s mnoha dalšími způsoby, jak opatření výrobců efektivně obcházet – například softwarovým vypnutím nouzového režimu u vozidel se

systémem SCR – a tím uspokojit poptávku ze strany motoristů po levném řešení technických problémů jejich starších vozů. Jedinou spolehlivou cestou, jak činnost těchto podnikavců systematicky narušovat, je tak další zpřísnování podmínek pravidelných kontrol na stanicích měření emisí, případně rozsáhlejší zavedení kontrolních měření přímo v ulicích ze strany Policie ČR – tak, jako je to již řadu let praxí třeba v sousedním Rakousku či Německu. Oba výše zmíněné návrhy jsou v posledních měsících častým předmětem debat tuzemských politiků i odborníků.



Obrázek 19: Příklad upozornění na nedostatek aditiva AdBlue („Doplňte aditivum: nastartování bylo zabráněno“) [61]

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce byl rozbor a zhodnocení legislativních testů, které slouží k hodnocení produkce škodlivin osobních automobilů na území Evropské unie.

První kapitola byla věnována úvodu do široké problematiky měření emisí. Z historického pohledu se škodlivinami z dopravy poprvé začali ve svých výzkumech zabývat vědci v USA v 50. letech 20. století. Konkrétním důsledkem jejich šetření pak bylo v roce 1967 založení první agentury CARB, která měla za úkol na exhalace v dopravě dohlížet a regulovat je. Na ni v roce 1970 navázala také Evropská unie vydáním prvního souboru emisních norem a vytvořením laboratorního jízdního cyklu, který byl s jen drobnými úpravami v praxi využíván následujících více než 40 let. Součástí první kapitoly je také přehled vývoje legislativních požadavků na emise moderních automobilů s důrazem na situaci v Evropě. V chronologickém řazení jsou tak popsány normy Euro včetně uvedení nejdůležitějších systémů, jimiž musejí být automobily pro splnění daných úrovní normy vybaveny. Celá problematika byla uvedena pouze ve stručnosti pro základní přehled, jelikož témata emisních norem a zařízení pro snižování množství vypouštěných škodlivin by svým rozsahem vydala na samostatné podrobné práce.

Další část byla zaměřena na původní jízdní cyklus NEDC. Úvodem byl zařazen popis průběhu evropské homologační emisní zkoušky, na který navázala část rozboru NEDC vzhledem k možnostem záměrného ovlivnění naměřených výsledků. Automobilky využívaly nedokonalostí zastaralého cyklu NEDC a objevily řadu více či méně legálních způsobů papírového snížení hodnot škodlivin – mezi nejznámější patří systémy Start-Stop nebo nejrůznější softwarové úpravy řídicích jednotek. Postupem času se naměřené hodnoty začaly odlišovat od teoretických čím dál tím více, což vedlo k odstartování kauzy Dieseldgate.

Nutnou reakcí na tuto kauzu a odhalené způsoby podvádění tak bylo zavedení nového laboratorního jízdního cyklu WLTC, jemuž byla věnována v pořadí třetí kapitola této práce. Tento jízdní test je mnohem náročnější a měl by poskytovat reálnější výsledky. Dovede lépe charakterizovat současný rychlý a hustý provoz a také lépe vyhodnocovat emise vozidel s nekonvenčními pohony. Některým neduhům starého NEDC ani tak předejít nedokáže. Jelikož se stále jedná o laboratorní měření, není možné vyloučit případné ovlivňování výsledků například výše zmíněnou úpravou řídicí jednotky motoru.

V závěrečné části byl podrobně rozebrán doplňkový test RDE. Ten byl do homologační zkoušky zařazen z důvodu vyloučení možného podvádění při testu WLTC. Odehrává se přímo ve skutečném provozu za využití přenosného měřicího zařízení PEMS. I k tomuto typu zkoušky však existují výhrady. Mezi hlavní problémy se řadí velmi špatná opakovatelnost měření nebo příliš benevolentní tolerance. Dalším problémem RDE je měření vozidel ve stavu nového kusu – skutečná vozidla však podléhají opotřebení a funkčnost emisních systémů u nich již není zaručena, případně vyžaduje velké investice ze strany majitelů automobilů.

Problematika emisních testů je v současnosti velmi aktuálním a ožehavým tématem, ve kterém navíc stále dochází ke změnám. Právě v těchto letech dochází k nahrazování starých metodik a norem novými, což jistě pocítili i mnozí motoristé. Nově zavedenou kombinaci homologačního měření pomocí přísného laboratorního cyklu WLTC a reálného měření RDE považují za zdařilou, avšak skutečnou úspěšnost těchto nových testů a dalších opatření bude možno lépe posoudit až s odstupem několika let.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Share of Diesel in New Passenger Cars. In: *Acea.be* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <https://www.acea.be/statistics/tag/category/share-of-diesel-in-new-passenger-cars>
- [2] Timeline of Major Accomplishments in Transportation, Air Pollution, and Climate Change. In: *Epa.gov* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/transportation-air-pollution-and-climate-change/timeline-major-accomplishments-transportation-air>
- [3] History. In: *Arb.ca.gov* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://ww2.arb.ca.gov/about/history>
- [4] Evropské emisní normy: Jsou s námi už od roku 1970. In: *Auto.cz* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/evropske-emisni-normy-jsou-s-nami-uz-od-roku-1970-94232>
- [5] Mercedes-Benz Original Photos. In: *Benzworld.org* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.benzworld.org/forums/5220389-post142.html>
- [6] HROMÁDKO, Jan, HROMÁDKO, Jiří, HÖNIG, Vladimír, MILER, Petr. Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [7] Nic není černobílé. Ani zlý Volkswagen a jeho dieselové motory. In: *Autohit.cz* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://www.autohit.cz/galerie/129212-glosa-nic-neni-cernobile-ani-zly-volkswagen-a-jeho-dieselove-motory/161641>
- [8] Ekologické plakety v Německu. In: *Uamk.cz* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://www.uamk.cz/garaz/1331-ekologicke-plakety-v-nemecku>
- [9] FTP-75. In: *Dieselnet.com* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.dieselnet.com/standards/cycles/ftp75.php>
- [10] EPA Highway Fuel Economy Test Cycle (HWFET). In: *Dieselnet.com* [online]. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.dieselnet.com/standards/cycles/hwfet.php>
- [11] Partnership for Clean Fuels and Vehicles – Regulatory Toolkit. In: *Unenvironment.org* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.unenvironment.org/partnership-clean-fuels-and-vehicles-regulatory-toolkit>
- [12] Exhaust emissions. In: *vda.de* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <https://www.vda.de/en/topics/environment-and-climate/exhaust-emissions/emissions-measurement.html>

- [13] Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 83 – Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska emisí znečišťujících látek podle požadavků na motorové palivo [2015/1038]. In: *Eur-lex.europa.eu* [online]. [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:42015X0703\(01\)&from=en](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:42015X0703(01)&from=en)
- [14] OBD (On Board Diagnostics). In: *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/obd-on-board-diagnostic/>
- [15] Diagnostika EOBD. In: *Blog.autodiagnostik.cz* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <https://www.blog.autodiagnostik.cz/autodiagnostika-eobd/>
- [16] Nový homologační emisní test WLTP: Opravdu znamená konec lhání? In: *Auto.cz* [online]. [cit. 2019-03-24]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/novy-homologacni-emisni-test-wltp-opravdu-znamená-konec-lhani-110305>
- [17] Takto výrobci uměle snižují normovanou spotřebu aut. Dá se s tím ale něco dělat? In: *Autoforum.cz* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/zajimavosti/takto-vyrobci-umele-snizuji-normovanou-spotrebu-aut-da-se-s-tim-ale-neco-delat/>
- [18] Jak automobilky podvádějí při měření spotřeby. In: *Novinky.cz* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/auto/381230-jak-automobilky-podvadeji-pri-mereni-spotreby.html>
- [19] Na reálné spotřebě už nezáleží. Ta „papírová“ ušetří lidem víc. In: *Autobible.euro.cz* [online]. [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/na-realne-spotrebe-uz-nezalezi-ta-papirova-usetri-lidem-vic/>
- [20] Systém start stop: nikdo ho nechce, všichni ho mají. In: *Autoforum.cz* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/technika/system-start-and-stop-nikdo-ho-nechce-vsichni-ho-maji/>
- [21] Start/stop. In: *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/startstop/>
- [22] Start-stop současné motory zničí, zatěžuje je i desetinásobně více. In: *Autoforum.cz* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/technika/start-stop-soucasne-motory-znici-zatezuje-je-i-destinasobne-vice/>
- [23] Downsizing motoru. In: *Novinky.cz* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <https://tema.novinky.cz/downsizing-motoru>
- [24] Normovaná spotřeba paliva neodpovídá realitě, zjistila Evropská komise. In: *Novinky.cz* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/auto/292970-normovana-spotreba-paliva-neodpovida-realite-zjistila-evropska-komise.html>

- [25] DOWNSIZING BENZÍNOVÉHO MOTORU. In: *Citroen.cz* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <https://www.citroen.cz/technologie/downsizing-benzinoveho-motoru.html>
- [26] Šaškárna jménem downsizing končí, nové motory aut budou zase větší. In: *Autoforum.cz* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/technika/saskarna-jmenem-downsizing-konci-nove-motory-aut-budou-zase-vetsi/>
- [27] Co je to downsizing. In: *Autoblogger.cz* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <http://www.autoblogger.cz/lexikon/downsizing-2/>
- [28] Trendy ve výrobě automobilů. In: *Konstrukter.cz* [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <https://www.konstrukter.cz/trendy-ve-vyrobe-automobilu/>
- [29] Hybridní auta propadla v testu spotřeby, v testu vykazala horší emise, než výrobci slibují. In: *Zpravy.aktualne.cz* [online]. [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/v-testu-plug-in-hybridu-adac-mela-ocekavane-provozni-naklady/r~ac5e7a1e872d11e79e4a0025900fea04/>
- [30] Nová pravidla EU zabíjí jeden dobíjecí hybrid za druhým, ač je sama EU miluje. In: *Autoforum.cz* [online]. [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/zajimavosti/nova-pravidla-eu-zabiji-dobijeci-hybridy-jeden-po-druhem-ac-je-sama-eu-miluje/>
- [31] Vyzkoušeli jsme naftové plug-in hybridy Mercedesu: Proč musely také reagovat na nové emisní normy? In: *Auto.cz* [online]. [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/vyzkousemi-jsme-naftove-plug-in-hybridy-mercedesu-proc-musely-take-reagovat-na-nove-emisni-normy-125499>
- [32] Největší automobilový podvod od Dieselgate? Plug-in hybridy se míjí účinkem. In: *Zpravy.aktualne.cz* [online]. [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/jsou-hybridy-do-zasuvky-slepou-ulickou-uzivatele-je-ani-nena/r~580c1f06e7fe11e8a09cac1f6b220ee8/?redirected=1552673937>
- [33] Dieselgate: Jak vlastně Volkswagen obešel metodiku měření emisí? In: *Autorevue.cz* [online]. [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/dieselgate-jak-vlastne-volkswagen-obešel-metodiku-mereni-emisi>
- [34] Téměř každé auto pozná test emisí, říká odborník. In: *Auto.idnes.cz* [online]. [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/libor-fleischhans-o-mereni-emisi.A151001_171257_automoto_fdv
- [35] VW hrozí v USA drahý skandál. Provalilo se, že švindluje s měřením emisí. In: *Auto.idnes.cz* [online]. [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/mereni-spotreby-a-emisi-volkswagen-usa-pokuta.A150919_111823_ak_aktual_fdv

- [36] Italský figl na emise je jednoduchý. Auto splňuje limit jen chvilku. In: *Auto.idnes.cz* [online]. [cit. 2019-03-16]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/fiat-emise-nemecko-figl.A160427_132945_automoto_fdv
- [37] Emissions legislation update from WLTP/RDE to EU7. In: *Avl.com* [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: https://www.avl.com/documents/5490654/6605769/AVL+PTE+Techday+%234_03_Emissions+legislation+update+WLTPRDE-EU7_Hofegger
- [38] Worldwide harmonised Light Duty Vehicle Test Procedure. In: *skoda-auto.com* [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.skoda-auto.com/services/wltp>
- [39] WLTP: Noční měra výrobců aut je tady. Co znamená pro nové motory? Více na: <https://www.autorevue.cz/wltp-wiki-cyklus-rozdil-nedc>
- [40] GIAKOUMIS, Evangelos G. Driving and engine cycles [online]. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg, 2017 [cit. 2019-05-06]. ISBN 9783319490335. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=MZKxDQAAQBAJ&pg=PA142&lpg=PA142&dq=wltp+classes&source=bl&ots=mPOFJrFgWO&sig=ACfU3U2KXkiySTBP8bUAT3sHlhwwEIHICQ&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKEwjni_2N-JrhAhVRL1AKHRnCBb0Q6AEwCHoECAGQAQ#v=onepage&q&f=false
- [41] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2017/1151 ze dne 1. června 2017, kterým se doplňuje nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 715/2007 o schvalování typu motorových vozidel z hlediska emisí z lehkých osobních vozidel a z užitkových vozidel (Euro 5 a Euro 6) a z hlediska přístupu k informacím o opravách a údržbě vozidla, mění směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/46/ES, nařízení Komise (ES) č. 692/2008 a nařízení Komise (EU) č. 1230/2012 a zrušuje nařízení Komise (ES) č. 692/2008. In: *Eur-lex.europa.eu* [online]. [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R1151&from=cs>
- [42] From NEDC to WLTP: what will change?. In: *Wltpfacts.eu* [online]. [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: <http://wltpfacts.eu/from-nedc-to-wltp-change/>
- [43] Blíže k reálné spotřebě: WLTP nahrazuje nový evropský jízdní cyklus (NEDC). In: *Audi.cz* [online]. [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: <https://www.audi.cz/wltp>
- [44] Opravdu čistý? Měřili jsme emise Škody Kodiaq podle nové metodiky. V reálném provozu! In: *Auto.cz* [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/opravdu-cisty-merili-jsme-emise-skody-kodiaq-podle-nove-metodiky-v-realnem-provozu-101400>

- [45] Škoda Auto nestíhá testovat emise, potřebuje zaparkovat tisíce aut. Pronajala si letiště In: ct24.ceskatelevize.cz [online]. [cit. 2019-03-24]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/ekonomika/2509459-skoda-auto-nestiha-testovat-emise-tisice-aut-potrebuje-zaparkovat-pronajala-si>
- [46] Dodávky nových vozů se zpožďují! Problémy má i Škodovka. In: Garaz.cz [online]. [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: <https://www.garaz.cz/clanek/dodavky-novych-vozu-se-zpozduji-problemy-ma-i-skodovka-21000056>
- [47] WLTP zamávalo tabulkami prodeje. In: uamk.cz [online]. [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: <http://www.uamk.cz/aktuality/2465-wltp-zamavalo-tabulkami-prodeju>
- [48] What are the benefits of WLTP? In: Wltpfacts.eu [online]. [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: <http://wltpfacts.eu/wltp-benefits/>
- [49] Will WLTP end the discrepancy between the laboratory and on-road performance of cars? In: Wltpfacts.eu [online]. [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: <http://wltpfacts.eu/wltp-discrepancy-laboratory-road-performance-cars/>
- [50] What is the Real Driving Emission (RDE) Test? In: Caremissionstestingfacts.eu [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.caremissionstestingfacts.eu/rde-real-driving-emissions-test/>
- [51] Kolik NO_x produkují moderní diesely v reálném provozu? Některé nic In: Autobible.euro.cz [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/kolik-nox-produkuji-moderni-diesely-realnem-provozu-nektere-nic/>
- [52] Co je systém SCR? In: cs.greenchem-adblue.com [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://cs.greenchem-adblue.com/greenchem-has-a-new-product-12/>
- [53] Jak probíhá měření emisí vozidel v reálném provozu. In: Auto.cz [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/jak-probiha-mereni-emisi-osobnich-vozidel-v-realnem-provozu-128717>
- [54] Emission debate in Europe: should new EU agency test, or each nation?. In: Greencarreports.com [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: https://www.greencarreports.com/news/1107113_emission-debate-in-europe-should-new-eu-agency-test-or-each-nation
- [55] Explaining Real Driving Emissions (RDE) | Volkswagen. In: Youtube.com [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=CqlxLWNLkk0>
- [56] Rozsudek ve spojených věcech T-339/16. In: Curia.europa.eu [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://curia.europa.eu/jcms/upload/docs/application/pdf/2018-12/cp180198cs.pdf>
- [57] Přehled stavu vozového parku. In: Portal.sda-cia.cz [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://portal.sda-cia.cz/stat.php?v#str=vpp>

- [58] Aut bez filtru pevných částic je v Česku stále více. Je jich asi milion! In: Auto.cz [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/aut-bez-filtru-pevných-castic-je-v-cesku-stale-více-je-jich-asi-milion-104924>
- [59] Měření emisí v roce 2018: Kdo na emisích neprojde? In: Auto.cz [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/mereni-emisi-v-roce-2018-kdo-na-emisich-neprojde-112591>
- [60] Políčeno na filtry pevných částic: měření emisí v Česku zpřísní, za hranicemi hrozí vysoké pokuty. In: Euro.cz [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/udalosti/auto-bez-filtru-pevných-castic-od-rijna-neprojde-emisemi-v-rakousku-hrozi-pokuta-128-tisic-korun-1422519>
- [61] Co se stane, když vám dojde močovina? Náš dlouhodobý Peugeot 2008 vám to ukáže. In: Autobible.euro.cz [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/se-stane-kdyz-vam-dojde-mocovina-nas-dlouhodobý-peugeot-2008-vam-ukaze/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ADAC	[-]	Allgemeiner deutscher Automobilclub (Všeobecný německý automotoklub)
AdBlue	[-]	Roztok močoviny pro SCR katalyzátor
CARB	[-]	California Air Resources Board (Kalifornská agentura pro vzdušné zdroje)
CF	[-]	Conformity Factor (Faktor konformity)
CNG	[-]	Compressed Natural Gas (Stlačený zemní plyn)
CO	[-]	Oxid uhelnatý
CO ₂	[-]	Oxid uhličitý
DPF	[-]	Diesel Particles Filtr (Filtr pevných částic)
E85	[-]	Směs 85 % ethanolu a 15 % benzínu Natural 95
EGR	[-]	Exhaust Gas Recirculation (Systém recirkulace výfukových plynů)
EHS	[-]	Evropské hospodářské společenství
EPA	[-]	Environmental Protection Agency (Agentura pro ochranu životního prostředí)
EU	[-]	Evropská unie
EUDC	[-]	Extra Urban Driving Cycle (Mimoměstský jízdní cyklus)
EURO	[-]	Evropská emisní norma
FAP	[-]	Filtre à particules (Filtr pevných částic)
FTP 75	[-]	Federal Test Procedure
GPS	[-]	Globální poziční systém
HC	[-]	Uhlovodíky
HDi	[-]	High Pressure Diesel Injection (Systém vysokotlakého vstřikování paliva)
HWFET	[-]	Highway Fuel Economy Test (Test spotřeby paliva na dálnici)
LPG	[-]	Liquified Petroleum Gas (Zkapalněný ropný plyn)
M1	[-]	Motor. vozidlo pro přepravu osob s max. 8 místy k sezení
M2	[-]	Motor. vozidlo s více než 8 místy k sezení a přípust. hmot. do 5 000 kg
N1	[-]	Motor. vozidlo pro dopravu nákladu a přípust. hmot. do 3 500 kg

N2	[-]	Motor. vozidlo pro dopravu nákladu s přípust. hmot. do 12 000 kg
NEDC	[-]	New European Driving Cycle (Nový evropský jízdní test)
NO _x	[-]	Oxidy dusíku
OBD	[-]	On Board Diagnostics (Systém palubní diagnostiky)
OSN	[-]	Organizace spojených národů
PEMS	[-]	Portable Emissions Measuring System (Přenosné zařízení pro měření emisí v reálném provozu)
PM	[-]	Pevné částice
RDE	[-]	Real Driving Emissions (Měření emisí v reálném provozu)
SC03	[-]	Jízdní test s využitím klimatizace
SCR	[-]	Selective Catalytic Reduction (Systém selektivní katalytické redukce)
SME	[-]	Stanice měření emisí
SUV	[-]	Sport Utility Vehicle (Sportovně-užitkové vozidlo)
TDI	[-]	Turbocharged Direct Injection (Přepřňovaný naftový motor s přímým vstřikem paliva)
TSI	[-]	Twincharged Stratified Injection (Benzinový přímovstřikový motor s dvojitým přepřňováním)
UDC	[-]	Urban Driving Cycle (Městský jízdní cyklus)
US06	[-]	Jízdní test se simulací agresivní jízdy
ÚAMK	[-]	Ústřední automotoklub ČR
Wi-Fi	[-]	Technologie bezdrátového šíření signálu
WLTC	[-]	Worldwide Harmonized Light-duty Vehicles Test Cycle (Celosvětově harmonizovaný jízdní cyklus osobních vozidel)
WLTP	[-]	Worldwide Harmonized Light-duty Vehicles Test Procedure (Celosvětově harmonizovaná testovací procedura os. vozidel)